

**Faculdade de Letras da Universidade do Porto
Departamento de Filosofia**

Tese de Mestrado Em Filosofia Moderna e Contemporânea

Título

**A Natureza Histórica da Cognição: Debates filosóficos na Teoria dos
Sistemas Dinâmicos na Ciência Cognitiva.**

Aluno: Susana Maria Caló Rodrigues Pinto
Orientador: Dr^a Sofia Miguens

Ano 2006-2007

ÍNDICE

Agradecimentos

Introdução	1
-------------------------	---

Parte 1. TEORIAS DA COGNIÇÃO

Capítulo 1. O movimento da Cibernética	6
---	---

A mecânica causal de organização do sistema; A ideia de padrão relacional; Conceito de retroacção e causalidade circular; A ideia de informação e independência sobre a matéria

Capítulo 2. Computacionalismo	13
--	----

A Inteligência Artificial e o domínio do Paradigma Simbólico; A mente como um dispositivo lógico; Conceito de representação; Centro superior de controlo. Paradigma sub-simbólico e connexionismo de 1ª ordem; Conceito de representação distribuída; Sistemas acentrados; Inícios do dinamismo.

Capítulo 3. Teoria da Autopoiesis	20
--	----

Organização mínima do vivo; Dialéctica entre o local e o global; Relação entre Organização e Estrutura; Sistema autopoietico como um Sistema histórico; Relação com o meio: Acoplamento estrutural; Cognição; O nascimento da Intencionalidade

Capítulo 4. Abordagem situada da cognição	32
--	----

Alternativa à Representação – A acção sobre a representação; Tese da Enacção; Cognição situada: corpo e mundo; Cognição é Construção; Acção guiada perceptualmente; Corpo e Robótica Evolutiva.

Capítulo 5. A teoria dos Sistemas Dinâmicos	41
--	----

Percursos na história; Cognição como fenómeno dinâmico temporal; Conceitos Dinâmicos; Apresentação da Tese ontológica e epistemológica; Os sistemas dinâmicos na psicologia do desenvolvimento - Erro 'A-não.-B'; Análise crítica: vantagens e desvantagens

Capítulo 6. – Síntese e Transição	57
--	----

Progressão dos modelos metafísicos para uma perspectiva multi-causal, situada e temporal; Conceitos: Rede/interconectividade, Retroacção, Emergência, Auto-referência, Trajectória e atractor, Padrão, Plasticidade dinâmica; Adopção da terminologia da teoria dos Sistemas Dinâmicos

Parte 2. NATUREZA DA COGNIÇÃO

Capítulo 7. Plataforma de Integração Temporal	65
7.1 – Noção da cognição como Plano de Integração Temporal	65
7.2- Cognição e Corpo	67
7.2.1 - Breve apontamento histórico sobre a relação de estudo entre mental e físico	
7.2.2 -Uma proposta transversal de análise	
7.2.3 – A Cognição como produto emergente	
7.2.4 - Da relação entre corpo e cognição	
7.3 – Propriedades dinâmicas do corpo	72
7.3.1 – A Natureza plástica do sistema nervoso: Plasticidade neuronal, Epigénese probabilística, <i>Soft assembly</i>	
7.3.2 - Interconectividade relacional: processamento bidireccional topo-base e base-topo; A Natureza residual do sistema e a formação de contingências.	
7.3.3 -Auto-organização e Emergência: a irredutibilidade e a imprevisibilidade; Concepção de uma causalidade não-linear; Noção de Emergência Transversal.	
7.4 – Plataforma de Integração Temporal	84
Cognição como um espaço de estados possíveis, encontro de forças; A multidimensionalidade do sistema cognitivo; O tempo da cognição: actualização, tempo contínuo do estar sempre a ser; Metáfora dinâmica de paisagem flutuante; Interação do sistema com o mundo: semi-equilíbrio estável; Ontogenia da informação; Dinâmicas Históricas	
Capítulo 8. Natureza histórica da cognição	89
8.1 A história da cognição ou o processo do <i>tornar-se</i> cognição	89
Natureza histórica da cognição; Abordagem longitudinal vs abordagem transversal; Adopção de uma perspectiva de análise histórico-temporal; Dinâmicas históricas	
8.2 Três conceitos dinâmicos	92
8.2.1 – Formação de Estabilidades – Atractor	
8.2.2 – Desenrolar temporal – Trajectória: percurso histórico do comportamento do sistema	
8.2.3 – Mudança – Bifurcação e Transição Assimétrica: medida abstracta de forças; complexidade e criação de novidade	
8.3 – Entre a Estabilidade e a Mudança: Padrão, Paisagem e Identidade	100

8.3.1 – Padrão: flutuação entre padrões de comportamento possíveis, percepção de estabilidade	
8.3.2 – Paisagem: estabilidade como jogo entre forças	
8.3.3. – Identidade: processo histórico dinâmico de individuação e diferenciação com o mundo	
8.4 – O Processo – Dinâmicas Históricas.....	105
8.4.1 – Interpretação/Observador	
8.4.2 – O Processo de Desenvolvimento	
8.4.3 – Escalas Temporais	
8.4.4 - Novidade Criadora	
Capítulo 9. História Final.....	113
BIBLIOGRAFIA.....	117
IMAGENS.....	124

Gostava de agradecer à Prof. Sofia Miguens a paciência, os telefonemas de Londres e sobretudo a sua insistência em fazer-me escrever.

Gostava de agradecer também ao Fernando Almeida do Centro de Neurociência e Robótica da Escola de Sussex pelos esclarecimentos em relação à Teoria dos Sistemas Dinâmicos e Conexionismo.

Pelo apoio amigo e entusiasmo pelo trabalho, a Susana Dias, a Sílvia João e Professora São Luís Castro. Pela perplexidade muito particular em relação à minha lentidão de trabalho, os meus pais António e Branca.

Por último, ao Godofredo Nobre, que acompanhou diariamente este trabalho, e que caso mestrados se fizessem por partilha e prazer do trabalho dos outros, coleccionava com certeza já mais uns quantos dos amigos.

Introdução

Este trabalho partiu do projecto de investigar a natureza da cognição e de o fazer de uma forma interdisciplinar, entrecruzando algumas das disciplinas que versam sobre o estudo da sua natureza. Interessou sobretudo alargar o estudo que uma só disciplina fornece, neste caso, a minha área de licenciatura, a psicologia.

O próprio exercício da psicologia, na sua forma teórica, não se trata senão de uma tentativa de cobrir a relação entre mente e comportamento, no estudo do homem enquanto indivíduo, ou seja, um esforço de compreensão da sua circunstância. E mais uma vez se torna este exercício tanto mais rico quanto tanto mais amplo for o âmbito disciplinar de análise.

A ciência cognitiva partilha com a filosofia questões relacionadas com a teoria do conhecimento, a teoria da mente, filosofia da linguagem, lógica, entre outras, e a filosofia, por seu lado, nomeadamente a produção da filosofia analítica, faz-se frequentemente em continuidade com a investigação empírica no domínio da ciência cognitiva, que tem implicações em questões filosóficas acerca da mente (Miguens, 2002).

Em ‘The Roles of Philosophy in Cognitive Science’, Van Gelder (1998d: 2) considera que ‘o que distingue os filósofos – ou os cientistas cognitivos que pensam filosoficamente – não é o objecto de estudo (...), mas o seu método de estudo. (...) O que os filósofos fazem primariamente é argumentar, embora façam em grande parte clarificação conceptual, e numa medida menor também um pouco de perspectiva histórica’.

O que procurei fazer no presente trabalho foi ser ‘o cientista cognitivo que pensa filosoficamente’ e usar como método uma medida combinada de argumentação, clarificação conceptual e perspectiva histórica no âmbito definido pelas discussões na ciência cognitiva. Assim, este trabalho inscreve-se numa produção interdisciplinar em

que a natureza da cognição é discutida através da articulação de trabalhos na filosofia, inteligência artificial, biologia, psicologia e neurociência. A estratégia filosófica tentada estará no modo de colocar questões, no modo de fazer, no modo de relacionar e no modo de propor alternativas de pensamento. Neste sentido ver-se-á como a teoria dos Sistemas Dinâmicos como corpo conceptual partilhado por filósofos e cientistas cognitivos assume particular relevo neste projecto.

O presente trabalho procurou desenvolver o entendimento da cognição como um *fenómeno dinâmico* que está permanentemente a acontecer (em tempo contínuo) e cujo acontecer se rebate sobre si próprio, formando conceptualmente aquilo a que designarei de *dinâmicas históricas* do acontecer. Esta ideia concretizar-se-á no trabalho pela noção de cognição como uma plataforma de integração histórico temporal.

Enquanto metodologia de trabalho foi essencial a sua divisão em duas partes.

A Primeira Parte, intitulada *Teorias da Cognição na Ciência Cognitiva*, vai servir como exploração do lugar de trabalho e ajudar a situar a discussão no campo das teorias da cognição na Ciência Cognitiva.

Esta Primeira Parte procede assim à apresentação de abordagens à cognição de um ponto de vista natural ou artificial, desde a Cibernética, Computacionalismo, Teoria da Autopoiesis, passando pelo Paradigma Enactivo e finalmente a teoria dos Sistemas Dinâmicos. Esta digressão por alguns dos principais movimentos das ciências cognitivas procura ilustrar uma tendência progressiva de entendimento da actividade cognitiva como um produto emergente da interacção dinâmica do agente com o mundo. Dar-se-á particular destaque à Teoria dos Sistemas Dinâmicos cujo corpo conceptual irá ser usado na elaboração do entendimento da cognição como plataforma histórico temporal, introduzido na Segunda Parte deste trabalho.

Retomando o ponto sobre a apresentação das teorias da cognição, esta é acompanhada de alguns debates, em que a noção de cognição natural como actividade dinâmica e situada se começou a desenvolver, e a partir dos quais começou a ser composta a forma de entendimento de cognição que vai ser introduzida no presente trabalho. Por isso, as teorias aqui exploradas não pretendem ser um retrato extensivo, mas antes uma

cartografia selectiva de teorias, ou aspectos de teorias cujo desenvolvimento interessou captar. Deste modo procurei introduzir as ideias relativas à natureza da cognição mais relevantes no contexto do trabalho, e que irão ser articuladas em conjunto na parte seguinte.

Já a Segunda Parte, intitulada, *A Natureza da Cognição*, que é subdividida em dois capítulos, tem como intenção explorar i) a noção da cognição como plataforma de integração temporal e ii) desenvolver a ideia da sua natureza histórica.

Assim, o primeiro capítulo adoptará o que vai ser designado de um *eixo transversal* de observação, que reúne a discussão em torno das propriedades dinâmico-temporais da cognição. Tenta-se desenvolver a ideia de cognição como materialidade emergente da interacção de um corpo específico com um mundo, e como integração e modelação contínua de um fluxo de dinâmicas internas e externas. Partir-se-á da apresentação de algumas propriedades desse corpo específico para ilustrar a necessidade de uma linguagem dinâmica de descrição da cognição, transversal ao físico e ao mental. Finalmente, vai proceder-se a uma caracterização da plataforma cognitiva através da terminologia da teoria dos sistemas dinâmicos. Pode pensar-se esta Parte como uma primeira formulação de resposta ao ‘O que é a cognição’?

A suficiência deste eixo de análise no entendimento da natureza da cognição será analisada criticamente e revelar-se-á incompleta.

Neste seguimento o segundo capítulo adoptará então um *eixo longitudinal* de observação, ou uma perspectiva histórico-temporal, que pretende explorar o desenrolar do processo de desenvolvimento da cognição. No fundo, é a ideia de que a formulação da resposta ao ‘O que é’ tem obrigatoriamente de se fazer com a resposta ao ‘Como se torna’. Daqui resultará a exploração da concepção da cognição como formação dinâmica-histórica de padrões de acção ou pensamento, que num historial de mudança informam a identidade de um sistema o que, por um lado, diferencia e garante a integridade do sistema face ao meio e por outro lhe garante a própria possibilidade de interacção com o mesmo.

Ao longo de todo o trabalho tentar-se-á discutir algumas questões relativas ao entendimento clássico na ciência cognitiva de noções como representação,

estabilidade, causalidade, e identidade, desta vez, no âmbito da abordagem dinâmica da cognição.

Finalmente, devo concluir dizendo que não é objectivo deste trabalho a apreciação crítica absoluta da teoria dos sistemas dinâmicos relativamente a outras alternativas conceptuais, mas o que se pretende é explorar a ideia concreta da temporalidade intrínseca da cognição natural e a teoria dinâmica enquanto base para tal estudo.

PRIMEIRA PARTE
TEORIAS DA COGNIÇÃO NA CIÊNCIA COGNITIVA

CAPÍTULO 1 A CIBERNÉTICA

1. A mecânica causal de organização do sistema. A ideia de *padrão* relacional. Conceito de *retroação e causalidade circular*. A ideia de informação e independência sobre a matéria. O nascimento do paradigma computacional.

“A identidade física de um indivíduo não consiste na matéria da qual é feito.”
(Wiener, 1954: 101)

O movimento cibernético teve os seus inícios em finais anos 30, impulsionado pela necessidade crescente de na 2ª Guerra Mundial se desenvolverem mecanismos de controlo. A escolha da designação ‘cibernética’ remonta a uma das figuras mais conhecidas do movimento – Norbert Wiener¹, que teve um papel fundamental tanto na sua constituição, como na sua difusão disciplinar. A palavra deriva do grego – ‘kybernetes’-, e significa a arte de governar ou controlar. Os encontros de discussão da Cibernética, dos quais talvez os mais conhecidos sejam as conferências Macy (1946-1953), eram de uma natureza deveras multidisciplinar para a altura e reuniam investigadores de muitas e diferentes áreas como engenharia, matemática, literatura, neurobiologia, psicologia, filosofia, entre outras. Distinguiam-se também por um modo de discussão particularmente aberto à exploração de ideias novas e um esforço de integração dos conhecimentos das várias disciplinas. Do circuito de discussão da cibernética constam os nomes de Norbert Wiener, Warren McCulloch, Heinz von Forrester, Ross Ashby e Gregory Bateson.

¹¹ Uma das obras clássicas da cibernética é Wiener, Norbert, 1948, *Cybernetics; or Control and Communications in the Animal and the machine*, New York: John Willey.

Na discussão cruzada de temas surgiu um interesse comum pelo estudo da natureza dos sistemas em geral, organismos vivos ou máquinas, e sobretudo o seu modo de organização ou mecânica. Tratava-se de uma oposição ao estudo directo da substância ou da sua constituição, e a sua substituição por um princípio de estudo abstracto e global. Independentemente de se tratar de uma máquina ou um sistema vivo, a cibernética acreditava que os mesmos princípios de estudo – a exploração de uma organização geral dos sistemas – podiam ser aplicados de forma semelhante aos dois. Ora precisamente, o que estaria na base da explicação causal do funcionamento geral dos sistemas vivos seria um padrão de organização ou mecânica subjacente ao sistema. Este padrão de organização tratava-se de uma determinada configuração de relações intrínseca ao sistema.

O estudo das máquinas mostrava que estas tinham a capacidade de ajustar o seu funcionamento segundo determinados objectivos, ou de outra forma, eram portadoras de mecanismos teleológicos. Os sistemas foram então estudados como circuitos fechados², o que permitia compreender o retorno de parte da informação de saída ao sistema como entrada e a sua conseqüentemente influencia no curso posterior de funcionamento da máquina. Um sistema com tais propriedades diz-se um sistema conduzido por *retroacção*, ou por outras palavras, um sistema que reintroduz em si próprio os resultados próprio trabalho, de acordo com informação de auto-regulação gerada pelo próprio sistema – *retroacção negativa* (Wiener, 1952). O conceito de retroacção, ‘feedback’ – no original, é de uma grande importância na formulação da teoria cibernética. Foi conseqüentemente aplicado ao estudo dos sistemas vivos, nomeadamente a funcionamento do sistema nervoso, segundo a ideia de que este demonstrava um padrão lógico de *causalidade circular* muito próximo do conceito de retroacção.

É de sublinhar que esta procura da explicação causal dos sistemas através do estudo da sua organização geral, ou mecânica eleva o *padrão* a objecto de estudo e

² No original, *closed loop*.

distancia-se do estudo da substância por si própria (padrão vs substância) (Capra, 1996), mas também enfatiza aquilo que se pode dizer de um estado de relações ou matriz relacional do sistema, que realiza o padrão. De facto, a perspectiva da cibernética é uma abordagem das *relações*, pelo que não só é necessário perceber como é que as partes do sistema funcionam, mas – e essencialmente esta é a abordagem da cibernética – é importante perceber como é que essas partes se integram e contribuem para um todo (Rose, 1974).

O interesse da cibernética no estudo dos padrões de organização de sistemas reverteu para a sua conseqüente exploração numa linguagem lógico-matemática. Foi neste contexto que a conhecida teoria da informação³, desenvolvida por Claude Shannon, adquire grande importância na concretização destas ideias. A teoria da informação define as condições necessárias à comunicação, isto é a transmissão de informação de uma fonte a um destino. Ocupa-se essencialmente do problema da recepção de uma mensagem, codificada como um sinal, através de um canal com ruído, isto é, com a forma como a informação flui no sistema, se a informação chegou ao sítio requerido e com a necessidade de transmissão da mensagem sem erro.

Ao contrário do que se possa crer, o uso da palavra informação não foi de todo usado com a conotação de significado ou conteúdo. Pelo contrário o conceito é aqui usado num exclusivamente técnico. Aliás, Shannon coloca entre parêntesis a semântica e fixa-se apenas na sintaxe, sendo que a ideia central é que a informação pode ser abordada de uma forma independente do conteúdo, como decisão singular entre duas alternativas igualmente plausíveis (Gardner, 2002). Compreender-se-á facilmente que o uso desta palavra e a sua fácil conotação com significado ou conteúdo tenha gerado alguma ambigüidade. Relativamente a isto, Capra (ibid.) sugere que uma confusão linguística entre ‘informação’ e ‘sinal’ levou os defensores da cibernética a chamarem à sua teoria uma teoria da informação em vez de uma teoria de sinais.

³ Shannon, Claude, 1948, The Mathematical Theory of Communication, Bell System Technical Journal, July and October.

Ora, indissociável da era da informação é também a era da computação. A criação do computador, derivada da teoria matemática da informação de Shannon, dos estudos de programação teórica de Alan Turing, e da teoria da arquitectura específica de um computador de J. von Neumann alentou a concepção da realidade como algo regido por lógicas independentes do substrato material que as implementa. Falo do software, e por isto entenda-se o nível de programação ou computação teórica, de natureza distinta da arquitectura física ou da materialidade que o suporta e instancia – o hardware.

Esta ideia de informação como uma realidade que é independente de um outro substrato, que é físico, ilustra o princípio de *universalidade simbólica*, “a ideia segundo a qual o nível de software pode ser implementado em inúmeros dispositivos físicos de arquitecturas bastante diferentes” e que esteve na origem de um período de “desencarnação *digital* na era da informação e da computação⁴ “ (...) que dominou a investigação que veio a tornar-se o domínio da Inteligência Artificial” (Machuco Rosa⁵).

A invenção do computador e o desenvolvimento da ciência da computação viram nascer a metáfora entre cérebro e computador. A tendência generalizada da investigação passou a ser a ideia de que o cérebro tinha um modo de funcionamento e processamento idêntico à máquina do computador. Reciprocamente, o próprio estudo do cérebro viria contribuir para a ciência da computação e a servir uma biónica da informática.

A ideia de cérebro como um computador, ou processador de informação baseado na manipulação de símbolos, segundo a aplicação de determinadas regras e independente de um substrato material, vingou e deu origem ao que viria a ser o paradigma computacional da cognição. Assim, o entusiasmo generalizado pela

⁴ Para uma abordagem da cibernética associada ao movimento da cibercultura, consultar: Rosa, M., Uma Panorâmica da Cibercultura em http://www.projecto-redes.com.pt/publicacoes_online.htm

⁵ Não é possível datar este artigo visto que é um artigo electrónico e não contém data de publicação. Pode ser encontrado em http://www.projecto-redes.com.pt/publicacoes_online.htm sob o título de ‘Uma Panorâmica da Cibercultura’.

máquina do computador e pelo conceito de informação, agora entendido como realidade simbólica independente do substrato físico, paternalizou a adopção desta ideia nos modelos de estudo da cognição natural, estando na origem de uma abordagem dualista mente-corpo renovada que nada tinha a ver com a explicação fisicalista que a cibernética procurou formular e que concebia a actividade mental como manipulação de símbolos e regras.

Importa dizer que a pretensão da cibernética, aliás, bem representada pelos nomes de Claude Shannon e Warren McCulloch – respectivamente o criador da teoria matemática da informação e um neurofisiologista que criou um modelo de lógica formal a partir do neurónio, – era modelar o cérebro e fazer o seu estudo através de modelos matemáticos à semelhança das ciências naturais. Se quisermos usar a terminologia do computador, fazer o estudo do hardware – da mecânica natural muito específica, ou o estudo dos padrões de organização.

Como conclusão resta dizer que a cibernética foi e é motivo de diversas críticas, que muitas vezes se tornam complicadas de concretizar devido à difícil delimitação do que foi o movimento cibernético e da absorção das suas ideias por outros movimentos, como por exemplo o paradigma simbólico da cognição de que falaremos na secção seguinte. Uma discussão ampla destas questões não tem lugar neste trabalho⁶, mas deter-nos-emos em pequenos esclarecimentos.

Uma crítica frequente á cibernética é a inferência de que a cibernética reduz a distinção entre o vivo e o não-vivo ao dizer que sistemas vivos e não vivos podem ser estudados segundo os mesmos princípios (uma lógica relacional ou padrão inerente ao sistema). Contudo, a antropomorfização da máquina, aquilo que viria a ser do conseqüente domínio da Inteligência Artificial (IA), não se pode dizer de origem uma ambição da cibernética. Pelo contrário, o que a cibernética pretendia era a mecanização do Homem, e por isto, entenda-se também que a cibernética defendia a explicação do vivo por meio de princípios físicos (a mecânica causal do sistema), o que não seria exactamente o mesmo que assumir que o sistema humano pode ser

⁶ Para uma história da cibernética, postulados e críticas à disciplina consultar: Dupuy, Jean-Pierre, 2000, *The Mechanization of the Mind: On the origins of Cognitive Science*, Princeton University Press.

copiado ou reproduzido por uma máquina. Nas palavras do próprio Wiener: “Quando compare o organismo vivo com uma máquina, não quero dizer nem por um momento, que os processos físicos, químicos e espirituais específicos da vida tal como normalmente a concebemos são os mesmos que aqueles das máquinas que imitam vida” (Wiener, 1950:32, citado em Capra, 1996: 65).

Também a ideia de que cognição se resume a manipulação de símbolos é muitas vezes identificada com a cibernética. Segundo Dupuy, a cibernética de facto partilhava da ideia de que o pensamento era uma forma de computação, mas este era um tipo distinto de computação da manipulação de regras preconizado pelo paradigma simbólico. Para a cibernética o cérebro é computação mecânica, que depende de leis causais que são físicas. A computação da cibernética era mecânica e desprovida de significado. O método de estudo do tipo rede neuronal, desenvolvido nos anos da cibernética, é o desenho de uma rede à semelhança da rede neuronal natural e organização funcional do cérebro, onde cada neurónio computa zeros e uns em função dos sinais que recebe de outros neurónios vizinhos com quem está em comunicação (Dupuy, 2000). Também a invenção do computador é posterior ao movimento cibernético, sendo que este sim foi concebido como resultado indirecto de algumas das ideias da cibernética.

De facto o paradigma Simbólico veio a dominar a grande maioria da investigação em Inteligência Artificial, entre os anos 1960 e 1985, mas um interesse renovado pela abordagem cibernética deu alento a explorações menos baseadas no carácter simbólico das representações, e mais orientadas para o ponto de vista da arquitectura específica e do padrão das interacções locais dos componentes do sistema. Actualmente estas abordagens tendem a reforçar a ideia de que um sistema vivo se desenvolve motivado pelas suas leis físicas causais e demonstra propriedades de auto-organização e emergência. Estas perspectivas distinguem-se das abordagens mais analíticas, enfatizando sobretudo a interacção e conectividade a diversos graus num sistema.

Para além da rede neuronal, outros conceitos importantes desenvolvidos na era da cibernética são: o conceito de causalidade circular ou retroacção, padrão, atractor, sistema e complexidade. Estes princípios reflectem-se na linha de investigação da contemporaneidade e vieram a fundamentar as chamadas ciências da complexidade, das quais se dizem, o Conexionismo, a Teoria dos Sistemas Dinâmicos, Sistemas Adaptativos complexos e a Inteligência Artificial.

CAPÍTULO 2

O COMPUTACIONALISMO

2. A criação de um duplo do mundo. Inteligência Artificial e o domínio do Paradigma Simbólico. A mente como um dispositivo lógico. Conceito de representação simbólica. Centro superior de controlo.

Paradigma sub-simbólico e conexionismo de 1ª ordem. Conceito de representação distribuída. Rede e interconectividade. Sistemas acentrados. Inícios do dinamismo.

O entusiasmo pelo conceito de informação e o desenvolvimento das ciências da computação deram origem a um novo paradigma de estudo da cognição designado por paradigma computacional, que até ao momento é o modelo conceptual de cognição mais difundido na computação, também associado ao movimento do cognitivismo. Como vimos na secção precedente, a ideia cibernética de modelar o cérebro foi substituída pela ideia de modelar a mente, e isto levado a cabo por uma ciência da Inteligência Artificial dominada pelo Paradigma Simbólico, onde a inteligência é entendida como manipulação de representações. Se quisermos usar novamente a terminologia do computador, aqui o foco recai no estudo do software. Nesta secção faz-se o esboço de algumas linhas gerais do simbolismo com especial interesse pela metodologia implícita à grande parte das investigações alinhadas sob esta abordagem e a forma da concepção dos fenómenos cognitivos⁷.

O nome Inteligência Artificial surgiu de um encontro em 1956 no qual participaram Marvin Minsky, Allen Newell e Herbert Simon. Nesse mesmo encontro os trabalhos

⁷ Uma formulações clássicas desta abordagem é a hipótese dos sistemas físicos simbólicos. Consultar Newell e Herbert, 1976, *Computer Science as empirical enquiry: symbols and search*. Uma exposição e defesa do corpo teórico genérico pode encontrar-se em autores como Fodor e Pylyshyn (Fodor e Pylyshyn, 1988, 'Connectionismo and cognitive architecture: A critical analysis', *Cognition*, 28, pp. 3-71

prévios de Turing, Shannon e Wiener sobre a teoria dos jogos – manipulação e processamento simbólico –, definiram os objectivos de estudo dos trinta anos que se iriam seguir.

Por abordagens computacionais da cognição entendam-se aquelas que partem do princípio de que a cognição é uma forma de computação semelhante à do computador digital. Isto é, à imagem do digital, a cognição depende da possibilidade de representação interna do mundo. Segundo este modelo, a cognição é fundamentalmente manipulação de símbolos, ou representações, definida por um conjunto de regras predeterminadas. A sua principal função é a pesquisa e optimização da resolução de um problema.

Em clara oposição às ideias relacionais da cibernética a abordagem simbólica foca-se num produto final (resolução de um problema), ignorando por completo o processo. O processo cognitivo resume-se portanto ao processamento sequencial da informação de entrada e a consequente transformação desta informação numa saída, que é a resposta do sistema ou resolução do problema. Consequentemente, o processo cognitivo “consiste num procedimento algorítmico que tem lugar entre dois extremos: um sistema sensorio e um sistema motor... a cognição reside num locus central: é algo feito pelo cérebro ou pela mente” (Almeida e Costa: 2001, 5). Existe por outras palavras um centro de controlo superior constituído pelas representações do sistema, do qual depende todo o funcionamento do mesmo.

Distinguindo-se da teoria original da informação de Shannon em que informação se distingue da semântica, aqui as representações -o nível mental - são claramente conteúdo e semântica, tentativa de representação interna do mundo. Na realização de actividade inteligente a importância é dada ao programa computacional, ou software (que é totalmente independentemente do hardware, o substrato material que o instancia). É portanto no software, estruturas de dados e algoritmos apresentados de uma forma lógico-simbólica, que reside toda a estratégia do paradigma simbólico. O que o experimentador clássico faz é a decomposição em partes da representação do

problema, o que introduz uma modularidade no sistema que permite uma solução algorítmica.

Elucidativo a este respeito é a hipótese físico-simbólico de Newel e Simon (1976) que consiste na ideia de que um sistema físico simbólico é o suficiente para haver inteligência, e que o nível simbólico pode ser implementa por quaisquer suportes físicos não específicos. Referimo-nos a esta mesma ideia no capítulo anterior onde ilustramos o *princípio de universalidade simbólica*. Assim a actividade cognitiva é vista como domínio sobre as propriedades físicas de um sistema informacional centrado em que a sua especificação se encontra ao nível do software.

O argumento do funcionalismo simbólico (Putnam, 1975) segundo o qual os estados mentais são estados funcionais, isto é, ‘o nível propriamente cognitivo é o das relações entre estados autómatos internos e entre esses estados e a entrada e saída do sistema, independentemente dos materiais físicos que instanciam essas relações’ e de onde resulta que ‘os símbolos são entidades fisicamente manipuláveis que permitem representar objectos ou estados e cujas relações sintácticas mimetizam as relações semânticas existentes entre os próprios objectos ou estados’, é uma das suas expressões mais claras da posição descrita há pouco (Almeida e Costa, 2001:5).

Consequentemente, nos seus termos o computador digital não fornece apenas uma possibilidade de simular processos cognitivos; ele é uma *realização* dos processos cognitivos (cf. Gelder, 1998c).

A abordagem simbólica parte de pressupostos específicos que interessam aqui realçar: (i) as representações são propriedades estáveis e pré-dadas; (ii) a cognição é um processo linear e sequencial regulado por um conjunto de operações finitas; (iii) o processo cognitivo é regulado por um centro superior de controlo, onde estão alojadas as representações (causação descendente); (iv) meio ambiente e cérebro são dois extremos e entre eles existe uma relação de condução de informação, o primeiro assume o papel de fornecedor de informação e o segundo de armazenador de informação, (v) e finalmente, o pressuposto de uma realidade estável, independente e extrínseca e, por isso, passível de ser replicada internamente por meio de representações (dualidade interior vs exterior).

Direi que no paradigma simbólico impera o que designamos de princípio de qualidade⁸, por sua vez, associado a um modo de processamento do topo para a base, ou do global para o local, que se refere à existência de um centro superior de controlo que determina o comportamento do sistema. De certa forma também, pode dizer-se que este tipo de sistema não contém qualquer grau de imprevisibilidade ou novidade criadora – a acção cognitiva é totalmente predefinida –, em oposição a um sistema natural biológico, em que a emergência de comportamentos novos, como a progressão do sistema em direcção a certos propósitos, sugerido pela cibernética, é uma propriedade básica.

Contudo, não se pode deixar de mencionar que a tentativa de compreensão dos sistemas pelo estudo da sua organização computacional, ou modo de processamento de informação teve um impacto determinante nas tendências de investigação da época. De facto, o estudo isolado de constituintes físicos não seria suficiente, e por isso é de aplaudir a tentativa de estudar o mental pela exploração de propriedades mais ‘abstractas’ (Clark, 1998). Contudo, esta tendência resultou sobretudo na total desvalorização do hardware ou materialidade que suporta a actividade mental e daí todas as críticas mencionadas anteriormente.

Chegou-se agora ao que se pode entender de uma segunda fase, ainda parte do paradigma computacional. Este segundo momento advém do facto da implementação do modelo simbólico -sobretudo a arquitectura do topo para a base e o processamento sequencial ter revelado certas limitações, essencialmente de flexibilidade e adaptabilidade que motivaram a exploração de outras abordagens baseadas num diferente tipo de arquitectura e processamento. Pode dizer-se que a principal limitação de uma ‘máquina de processamento simbólico’ é o facto do seu funcionamento ser regido por regras sequenciais, o que implica que só uma regra possa ser processada de cada vez. Daí resulta que o sistema tem pouca tolerância ao erro, e conseqüentemente perante qualquer falha no processamento o sistema morre.

⁸ Em oposição aos sistemas dinâmicos que Van Gelder designa de quantitativos (cf. Van Gelder, 1998c).

Dito de outra forma, a total falta de autonomia do sistema, faz com que qualquer perda de controlo resulta na ruína do sistema.

A mudança de um paradigma onde predomina um processamento do topo para a base, para um paradigma onde predomina um processamento da base para o topo⁹ – resultou destas limitações do modelo simbólico.

Este segundo paradigma ficou conhecido como Conexionismo, ou Processamento Paralelo Distribuído (PPD) e é designado de sub-simbólico, dado que a actividade computacional do sistema é feita a um nível subconceptual. Passo a explicar. A grande diferença do conexionismo em relação à abordagem do simbolismo é que se baseou nos estudos de redes neuronais naturais para modelar os sistemas artificiais. À semelhança destas, não existe um centro de controlo único, trata-se de um sistema acentrado (cf.: Machuco Rosa, 2002b), com um processamento distribuído, onde se espera que uma lei global surja do funcionamento paralelo de uma série de unidades simples inter conectadas entre si localmente. Donald Hebb (1949) foi um dos primeiros a sugerir a relação entre processos ao nível dos neurónios com fenómenos cognitivos a um nível superior, como por exemplo, a aprendizagem. Assim, inspirado pelo funcionamento das redes neuronais naturais, o conexionismo elegeu a rede como instrumento de modelação da actividade cognitiva e substituiu o processamento sequencial do simbolismo por um processamento paralelo e distribuído. Deste modo na literatura, entende-se por conexionista qualquer sistema usualmente designado por rede neuronal artificial (RNA).

A estratégia não reside portanto tanto na implementação de símbolos e regras, mas na implementação de um desenho muito específico do hardware (natureza configuracional do sistema), em que componentes locais estão interconectados e se relacionam entre si.

As unidades locais interconectados em rede (conectividade do sistema) permitem a troca de informação, excitatória ou inibitória. As ligações das unidades têm pesos

⁹ No original *top-down* e *bottom-up*, respectivamente.

positivos ou negativos, que a rede tem a capacidade de alterar, do que resulta uma capacidade intrínseca para a aprendizagem.

A resolução de um problema depende do ajustamento dos pesos entre as unidades da rede e o desenho da conectividade do sistema. Por isso, o comportamento não é governado por regras, mas é condicionado pelo treino.

O modelo conexionista clássico aqui descrito apresenta vantagens em relação ao paradigma simbólico, contudo é importante dizer que neste ponto o conexionismo não abandonou uma visão computacional da inteligência. Afinal, a cognição continua a basear-se na possibilidade de representação interna e estável de propriedades de um mundo, ainda que segundo um modelo distribuído e paralelo de processamento da representação. Para além disso, as possibilidades de aprendizagem da rede continuam a depender do tipo de programação escolhida pelo investigador humano. Na mesma linha de pensamento pode dizer-se que o paradigma simbólico opera segundo uma lógica de internalização da representação, e o paradigma conexionista segundo uma lógica de aprendizagem da representação por treino.

Tanto no paradigma simbólico como para no paradigma conexionista, mantém-se o (i) primado da computação – o tempo real dos processos é negligenciado e o ambiente tem um papel limitado de fornecedor de informação, e (ii) a computação sobre estados previamente especificados.

E neste sentido tal como o simbolismo, o conexionismo clássico manterá uma interpretação computacional, funcionalista e representacional da cognição.

Contudo, a proposta conexionista levanta questões de grande importância na discussão da modelação da cognição. Na minha opinião são relevantes os seguintes aspectos da proposta conexionista (que retomarei numa proposta de cognição na segunda parte deste trabalho): (i) o enfoque na manipulação do *hardware ou substrato material* que instancia cognição; (ii) a *emergência* de propriedades novas não contidas explicitamente num nó isolado (ainda que controladamente face a um treinador externo); (iii) a *descentralização* e não exclusividade de um centro de controlo; (iv) a presença de um princípio de aprendizagem ou evolução de uma certa

capacidade, ou seja, a sua história¹⁰); (v) a *interconectividade* do sistema que se destaca do processamento sequencial dos sistemas simbólicos, (vi) a capacidade do sistema lidar com o ruído ou a novidade.

Contudo, mais recentemente as redes conexionistas vão desenvolver-se num sentido de um maior dinamismo e a natureza estática estímulo resposta característico dos inícios do conexionismo é progressivamente abandonada. São exemplos de conexionismo próximo dos princípios dinâmicos o que se designa de segunda vaga do conexionismo da qual são características as chamadas redes conexionistas com recorrência (anos 80, 90)¹¹.

Assim, uma rede conexionista pode estar mais ou menos próxima de uma abordagem dinâmica dos fenómenos cognitivos dependendo da recorrência da rede – unidireccional ou bidireccionalidade circular –, e da forma como o tempo é modelado – discreto ou contínuo – sendo que uma rede dinâmica se caracteriza por bidireccionalidade e um tratamento contínuo do tempo.

Este tema será retomado no prosseguimento deste trabalho no capítulo dedicado à Teoria dos Sistemas Dinâmicos.

¹⁰ Embora em geral os modelos conexionistas tenham por base paradigmas associacionistas estes herdaram a tradição Hebbiana (em vez de Hulliana) em que a própria actividade da rede é importante na determinação do comportamento, desta ao invés de uma posição em que só a correlação entre inputs e outputs é importante.

¹¹ Consultar por exemplo o artigo 'Finding structure in Time' de Jeffrey Elman (1990) para uma introdução às Redes Simples Recorrentes (*Simple Recurrent Network*).

CAPÍTULO 3

A TEORIA DA AUTOPOIESIS

3. Organização mínima do vivo. Dialéctica entre o local e o global. Relação entre Organização e Estrutura. Sistema autopoiético como um Sistema histórico. Relação com o meio. Acoplamento estrutural. Cognição. O nascimento da Intencionalidade

O conceito de autopoiesis foi criado pelos neurofisiologistas Humberto Maturana e Francisco Varela¹² (1972) e desenvolvido durante mais de 30 anos. Etimologicamente, *poiesis* significa criação ou produção, daí autopoiesis, significa auto-criação ou auto-produção. A teoria da Autopoiesis foi, no contexto que tenho vindo a explorar, altamente inovadora no sentido em que a cognição é tratada como um fenómeno biológico, mais concretamente como a organização mínima do vivo, em que se destacam as suas capacidade de autonomia e auto-organização (ponto de vista naturalizado). Quais as características que distinguem o vivo do não-vivo? Qual a organização mínima do vivo? São as perguntas que estiveram na raiz das explorações de Maturana, e às quais, autopoiesis, é a resposta.

Nas palavras de Maturana (2002:11), ‘A autopoiesis não é uma coisa que possa ser designada de uma propriedade dos sistemas vivos, mas sim a sua verdadeira forma de ser, a organização que os constitui como entidades singulares no espaço molecular’. De uma forma genérica com o conceito de autopoiesis os autores pretenderam ilustrar os processos pelos quais um sistema vivo mantém e produz a

¹² MATURANA, Humberto & VARELA, Francisco, 1980, ‘Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living’.

sua organização, o que neste quadro conceptual é o mesmo que dizer, os processos pelos quais um sistema vivo conserva a sua vida.

Assim, a autopoiesis não diz respeito a propriedades físicas ou partes de componentes de um sistema, mas antes a um tipo de organização muito específico que tem a ver com relações do sistema ou um padrão relacional do sistema. E por isso, o estudo da autopoiesis, por assim dizer, tinha como objectivo a formulação de uma descrição abstracta e suficientemente universal das características definidoras do vivo a partir da biologia. Entenda-se assim, uma bio-lógica da classe dos sistemas vivos.

A vontade de demarcação de conotações genéticas informacionais levou os autores a definirem a sua abordagem como mecanicista. A ideia de que ‘o código genético e o sistema nervoso codificam informação sobre o ambiente, representando-o na sua organização funcional’ era incompreensível para Maturana (Maturana citado em Hayles, 1999:139). “A nossa abordagem é mecanicista: não serão criadas forças ou princípios que não se encontrem no universo físico (...) Nada ocorre no domínio molecular devido a uma causa externa, e tudo o que acontece ocorre como determinado pelas coerências estruturais inerentes às circunstâncias em que ocorre” (Maturana e Varela, 1980).

Como é definida então a organização do sistema vivo? Segundo a teoria da autopoiesis, a organização do sistema é a actividade contínua de manutenção da sua própria organização, através da produção intrínseca dos componentes que a especificam. Estes componentes que, ao mesmo tempo, realizam e mantêm o sistema enquanto tal, constituem-no como uma unidade concreta no tempo e no espaço.

Em *Biology of Intentionality* Varela (1992:5), explica o sistema autopoietico como ‘organizado (definido como uma unidade) como uma rede de processos de produção (síntese e destruição) de componentes em que estes: (i) através das suas interacções e transformações regeneram e realizam continuamente a rede de processos (relações)

que os produz; e (ii) constituem a máquina como uma unidade concreta no espaço em que eles (os componentes) existem pela determinação do domínio topológico da realização da rede enquanto tal rede’.

De uma forma mais simples, um sistema autopoietico, é uma rede de produção contínua de componentes que, por sua vez, o regeneram e o realizam enquanto rede de produção. Estes componentes constituem o sistema como unidade única no domínio em que existem, pela especificação do domínio de acção da rede, e através da criação de uma fronteira com o meio exterior. Por sua vez, esta fronteira permite que a rede de produção de componentes seja possível, pelo feito de se diferenciar do meio.

Enquanto estes processos forem capazes de conservar a sua integridade, o sistema tem conformada a manutenção da sua identidade. O sistema morre quando as perturbações vão para além das possibilidades do sistema específico em consideração.

Dialéctica entre o local e o global

Uma das principais características da proposta de Maturana e Varela é o modo de abordar a questão das relações entre o local e o global. A troca entre base-topo e vice-versa reside numa causalidade recíproca entre as regras locais de interacção (as regras dos componentes, ao nível das interacções químicas) e as propriedades globais da entidade enquanto unidade ou organismo: “Os sistemas vivos existem em dois domínios: um, o domínio no qual existem enquanto totalidades ou organismos, isto é, o domínio no qual realizam e conservam a sua identidade como organismos unicelulares ou multicelulares. Dois, o domínio no qual operam como sistemas moleculares autopoieticos que é o domínio da sua realização enquanto entidades moleculares compósitas” (Maturana, 2002:14).

Componentes locais e o todo global existem em diálogo, ligados numa relação recíproca específica que resulta na constituição de uma unidade (entidade) que se separa da sua envolvente.

“Qualquer unidade de interações pode participar em interações relevantes a outras unidades de interações mais abrangentes (...) Se esta unidade de interações maior é (ou se tornar) por sua vez também um sistema auto-referente no qual os seus componentes (eles mesmos sistemas auto-referentes) são subservientes à sua manutenção como unidade de interações, ela deve então ela mesma ser (ou tornar-se) subserviente à manutenção da organização circular dos seus componentes” (Maturana e Varela, 1980: 11). Nesta passagem é de realçar também uma questão de escala, pois uma entidade autopoietica pode relacionar-se com outra (no caso desta unidade de interações ser maior) e formar uma unidade autopoietica mais abrangente a outra escala.

Com feito, a identidade do sistema reside na sua organização e não nos seus componentes, pois como já foi dito estes mudam, mas a sua organização básica permanece.

Organização e Estrutura

Um sistema vivo (autopoietico) é composto por uma organização e um estrutura. Por organização compreenda-se “a configuração de relações entre componentes que define a classe de um sistema ou unidade composta como uma totalidade ou entidade singular, (e por estrutura) os componentes e as relações entre eles que realizam um sistema ou entidade composta como um caso particular de uma classe particular” (Maturana, 2002: 17).

De outra forma, a autopoiesis é um padrão específico de organização, necessário a todos os seres vivos, que é independente da natureza dos componentes. Dizer que a autopoiesis é o padrão organizativo da estrutura do sistema, equivale a dizer que é a matriz de relações entre os vários elementos constituintes da estrutura desse sistema. Já o termo estrutura é usado para referir os componentes e relações entre eles que realizam um sistema como um caso particular de uma classe particular. É também através da estrutura que um sistema interage com a envolvente.

É conveniente sublinhar desde já que a mudança que ocorre no sistema por virtude de ser uma estrutura aberta, se dá sempre ao nível da estrutura e não da sua

organização. Como já foi dito, a organização é a identidade do sistema e é a sua manutenção que mantém a integridade do sistema. Assim a mudança pode ocorrer de duas formas distintas: (i) mudanças de estado - mudanças estruturais, em que a identidade ou organização do sistema é conservada; ou (ii) mudanças desintegrativas – em que a organização do sistema é perdida e ele deixa de existir ou morre.

Organização Circular e identidade (conservação da organização)

Um sistema autopoietico é uma unidade de interações organizada num processo de causalidade circular fechada, ou fecho organizacional, em que os processos operam segundo uma lógica de recursividade. Esta organização circular é a actividade básica do ser vivo. Esta organização circular assegura a síntese ou manutenção contínua dos componentes que a especificam, de modo que o produto do seu funcionamento seja a mesma organização funcional que os produziu. Compreende-se pois como a organização do sistema o devolve sempre ao mesmo estado interno

Neste sentido, como todos os componentes são produzidos pelo e dentro do próprio sistema, diz-se um sistema fechado, embora esteja aberto ao fluxo de energia e matéria do ambiente. Assim, o fecho organizacional do sistema refere-se ao facto de que o comportamento do sistema é sobretudo determinado por si próprio e não pelas interações com o meio ambiente. Eis por isso também que os sistemas são autónomos. Contudo, a relação sistema ambiente não é ignorada na formulação autopoietica, veremos mais à frente como esta relação é de dita uma natureza paradoxal.

Assim compreende-se que para Maturana a identidade de um sistema advém não da determinação das diferenças entre os vários sistemas vivos mas simplesmente de estes adquirirem a sua identidade do facto de estarem vivos. “O que constitui a identidade de um sistema vivo enquanto organismo particular é a maneira de viver conservada nele através de acoplamento estrutural” (2002: 19). A identidade será portanto uma característica diferenciadora do vivo do não-vivo, derivada da

delimitação da área de interação do sistema (fronteira) que, ao mesmo tempo, define o que permanece exterior ou interior a esta unidade.

A partir desta criação de fronteira, a relação das entidades autopoieticas com o meio ambiente é uma relação paradoxal. ‘O sistema vivo tem de se distinguir do seu ambiente, enquanto que ao mesmo tempo mantém o acoplamento com ele; esta ligação não pode ser quebrada porque é contra este mesmo ambiente que o organismo se faz aparecer’. (Varela, 1991:7).

Em última análise, um sistema autopoietico depende do seu meio físico-químico para a sua constituição como identidade autónoma, pois é precisamente a separação entre os dois que evita que o sistema se dissolva no meio. Esta relação de acoplamento não pode ser quebrada porque é em oposição a este ambiente a que o sistema está ligado, que o sistema se constitui.

Segundo a terminologia de Varela, o sistema vivo enquanto um sistema vive num ‘nicho’, na espontânea conservação de autopoiesis e adaptação. E esse ‘nicho’ é também o seu domínio cognitivo, como aliás veremos mais a frente

Sistemas Históricos / O padrão

Um sistema autopoietico é por natureza um sistema histórico. Contudo, convém ter em conta que para Maturana neste sentido história refere-se à conservação da identidade num processo de auto-referenciação que não deve ser confundida com a história da sua evolução ou a sua ontogénese. Distintamente ela designa-a de *deriva estrutural ontogénica* – mudança espontânea e contínua que conserva a autopoiesis do sistema.

O ser vivo é um sistema histórico na medida em que existe como unidade singular num fluxo contínuo de mudança estrutural que conserva a sua Autopoiesis. Assim o processo histórico refere-se ao padrão organizacional natural do vivo – manutenção da identidade, em detrimento do fluxo de mudança estrutural relativo à evolução e ontogenia: “O que primariamente é conservado na história dos sistemas vivos é viver (autopoiesis e adaptação), e o que é secundariamente conservado são as diferentes formas de realização do viver. Estas formas são conservadas através da

conservação reprodutiva de diferentes maneiras de realização de autopoiesis na conservação de adaptação' (Maturana, 2002: 12).

O processo histórico de organização circular pode também ser entendido com a história de manutenção de um padrão ao longo de um fluxo de mudanças estruturais. Autopoiesis é um padrão de uma rede, cuja função de cada um dos componentes é participar na produção ou transformação dos outros componentes da rede.

Assim a teoria da autopoiesis é portanto uma teoria do padrão, da invariância face ao fluxo de mudança, “toda a constituição físico-química está em constante fluxo; o padrão mantém-se e só através da sua invariância é que pode dar-se o fluxo de realização de componentes (...) todas as classes de entidades têm uma identidade que lhes é peculiar; a unicidade do vivo reside no tipo de organização que este tem” (Varela,1991:6) .

Acoplamento Estrutural \ Mudança

Um sistema autopoietico só existe se inserido num meio que o permita existir. Esta relação de acoplamento é uma relação estrutural, denominada acoplamento estrutural.¹³ Devido à natureza circular da sua organização, um sistema vivo tem um domínio de interacções auto-referente. Não pode interagir com aquilo que não está especificado na sua organização (em termos de classes de interacções e não da sua especificidade), e portanto do meio em que existe só pode interagir (só faz parte do seu domínio cognitivo) com aquilo que em certa medida, lhe permite existir ou é relevante na sua organização, implicando uma coerência estrutural entre sistemas. O acoplamento estrutural implica também que um sistema vivo possa fazer parte de um outro sistema vivo maior¹⁴.

Do mesmo modo, a mudança do sistema (em termos estruturais) faz-se em conjunto com a mudança do domínio cognitivo de que faz parte, num processo de mudança congruente. “O meio no qual um sistema existe, surge espontaneamente com ele (...) De facto, todos os sistemas surgem desta forma de uma envolvente que vista da

¹³ No inglês *structural coupling*.

¹⁴ Um exemplo de acoplamento estrutural é o modo como o ser humano só se relaciona com certas cores do espectro luminoso.

perspectiva das coerências da sua existência era desordenada e caótica. Isto é, um sistema surge e existe na constituição da dinâmica de interações que realizam e conservam tanto o sistema e o seu domínio de existência através das suas interações recursivas” (Maturana, 2002: 19).

Segundo a teoria da autopoiesis a relação de um ser vivo com o meio ambiente é sempre paradoxal no sentido em que o ambiente funciona como um estímulo para continuar a circularidade do próprio sistema vivo mas não interfere na sua organização. Como já vimos isto deve-se à distinção de Maturana entre organização e estrutura, sendo que todos os aspectos de um sistema que se transforma ao longo do tempo devido à sua existência situada, ou seja, às suas interações com a envolvente, são apenas relativos à sua estrutura ou por outras palavras aos seus componentes.

Cognição

“Um sistema cognitivo é um sistema cuja organização define um domínio de interações no qual ele pode agir com o sentido de se manter a si mesmo, e o processo de cognição é o actual agir (indutivo) ou comportar neste domínio” (Maturana e Varela, 1980: 13).

Para Maturana, e de um modo directamente oposto às posições computacionalistas da época, a cognição é algo que deve ser entendido como um fenómeno natural, efectiva existência de um ser vivo num domínio cognitivo, em acoplamento estrutural. Ou seja, a cognição é igual a vida. ‘Os sistemas vivos são sistemas cognitivos e vida como processo é um processo de cognição. Esta afirmação é válida para todos os organismos, com ou sem um sistema nervoso’ (ibd.). Maturana argumentava que o que quer que ocorra num sistema vivo ocorre nele diariamente, momento após momento, enquanto sistema estruturalmente determinado pelas suas dinâmicas estruturais, sendo a cognição essa capacidade de congruência dinâmica estrutural com o meio, e não o resultado de uma computação elaborada pelo sistema

nervoso sobre os dados obtidos pelos sentidos sobre um mundo objectivo e representável.

Assim introduzir o termo *domínio cognitivo* permite a Maturana referir-se ao domínio em que o ser vivo existe enquanto ser vivo e que lhe permite existir enquanto tal (o meio no qual a estrutura específica do sistema interage com a estrutura específica da envolvente), enquanto o termo *cognição* se refere ao processo de existir nesse domínio cognitivo.

O nascimento da Intencionalidade

Finalmente um outro aspecto a ressaltar da teoria autopoiética e que foi posteriormente desenvolvido por Varela é a questão da diferença entre a visão do observador e uma visão interna ao próprio sistema. Numa crítica directa à visão computacionalista que, baseada na modelação simbólica, partia do princípio que o símbolo abstraído pelo observador seria relevante do mesmo modo para o sistema observado colocando o observador numa pretensa situação de imparcialidade, Maturana afirma: “O observador pode definir uma entidade especificando o seu domínio de interacções; assim parte de uma entidade, um grupo de entidades, ou as suas relações, podem ser tornadas unidades de interacções (entidades) pelo observador (...) O observador é um sistema vivo e um entendimento da cognição como um fenómeno biológico deve ter em conta o observador e o seu papel’ (ibid.:9)

Segundo Maturana o facto do observador estar limitado pelo seu domínio cognitivo específico para identificar e nomear sistemas, impedia que pudesse tomar qualquer posição de imparcialidade perante um sistema vivo. Do mesmo modo é precisamente esta diferença entre o ambiente que rodeia um sistema vivo e o mundo que lhe aparece enquadrado por uma perspectiva interior ao sistema que permite a Varela desenvolver a ideia de intencionalidade: “a unidade autopoiética cria uma perspectiva da qual o exterior é um unidade, que não pode ser confundida com a envolvente física tal como ela nos aparece a nós observadores, o território das leis químicas e físicas” (Varela, 1992: 7).

A partir daqui a diferença entre ambiente e mundo pode ser colocada do ponto de vista do observador em oposição ao do sistema.

É a tensão entre ambiente e sistema que cria este último e dota o primeiro de significação. Ao ambiente segue-se o mundo, *'The world – making'*. 'Por um lado a acção que traz ao de cima um mundo que é uma tentativa de reestabelecer um acoplamento com um ambiente desafia a coerência interna através de encontros e perturbações. Mas tais acções, ao mesmo tempo, demarcam e separam o sistema desse mesmo ambiente, dando origem a um mundo distinto' (ibid.: 8). A esta acção no mundo que segue os parâmetros estabelecidos pela perspectiva interior do sistema é o que Varela atribui de intencionalidade.

O conceito de informação é interpretado num âmbito cognitivo em termos de um vazio que deve ser preenchido. Daí também que cognição seja em parte esta criação de informação – “O constante trazer ao de cima de significação é aquilo que poderíamos descrever como uma permanente falta no vivo: ele está constantemente a trazer ao de cima uma significação que falta, que não é pré-dada ou pré-existente” (ibid.).

Conceitos principais

Deste modo, a autopoiesis foi extremamente importante para o desenvolvimento das concepções de cognição, principalmente pelo modo como introduziu uma nova perspectiva sobre a natureza do vivo, habilmente articulando uma série de conceitos indispensáveis a partir daí.

Resumidamente poder-se-á dizer que a especificidade da autopoiesis é a sua *auto-referencialidade* e invariância, uma organização que tem como objectivo manter-se a si mesma. Essa organização refere-se sempre a um *padrão de relações* e não a uma estrutura estática. O acontecer desse padrão de relações (o acontecer da cognição) é por natureza um processo histórico que ocorre ao longo do tempo. *Cognição* remete portanto para este acontecer enquanto algo que emerge de uma Dinâmica de acoplamento estrutural.

Porém será provavelmente pelo afirmar da diferenciação entre sistema real e sistema observado que a teoria mais contribuiu para posteriores desenvolvimentos. Isto é, o *observador* só pode observar aquilo com que o seu próprio sistema se pode relacionar. Deste modo Maturana estabelece as bases para articular a relação entre a *identidade* de um sistema – resultante de um movimento de oposição ao mundo – e *intencionalidade* referindo aqui à perspectiva interior ao próprio sistema face ao mundo.

Parece-nos contudo que a dificuldade de Maturana residia na explicação de questões evolutivas, pois aparentemente se a autopoiesis é conservada a evolução não é possível. O termo usado para suprimir esta falha era o conceito de “deriva natural” ou “deriva estrutural ontogenética” que pouco esclarecia sobre a questão. Aliás se apenas a estrutura muda (ou seja a instanciação ou materialidade e não a autopoiesis ou organização do sistema) como se dá a evolução da espécie, visto que é a organização que reverte para a definição de uma classe específica, assumindo que as classes foram algo que se desenvolveu ao longo do tempo?

Por outro lado também a importância atribuída por Maturana à circularidade organizacional do sistema vivo impede uma exploração mais aprofundada dos processos de acoplamento dinâmico com o ambiente, processos esses vistos apenas como activadores da circularidade do sistema.

Varela explica em “*Describing the logic of the living: The adequacy and limitations of the idea of autopoiesis*” (1981), distanciando-se de Maturana, que em certa medida a Autopoiesis terá ido longe demais não só ao expandir-se para uma análise dos sistemas sociais, mas também por outro lado ao não explicar suficientemente os fenómenos vivos, tanto a um nível lógico como cognitivo, apesar da teoria ser logicamente necessária para uma explicação completa.

Varela continua a crítica da Autopoiesis à ideia de informação e ao papel do observador, mas parte para além dos limites impostos por Maturana para uma atenção mais forte às consequências de uma perspectiva situada, mais precisamente no seu conceito de Enacção. Sumariamente a teoria Autopoiética vê a percepção

como a resposta do sistema a um evento exterior que o activa, enquanto a enacção se desenvolve em torno da ideia que a *percepção será constituída por acções guiadas perceptualmente*, sendo que o movimento num ambiente é essencial para o desenvolvimento de um organismo. Assim em termos cognitivos, enquanto que a Autopoiesis vê a cognição como algo que emerge da operação recursiva do sistema representando-se a si mesmo às suas próprias representações, o paradigma Enactivo defende que estruturas cognitivas emergem de padrões sensório-motores recorrentes.

Esta revisão da autopoiesis, assim como a de outros autores, tenta propulsionar a teoria para além dos limites da sua circularidade repetitiva, e em direcção a uma concepção do organismo vivo, como um sistema de caóticas, flexíveis e rápidas dinâmicas, que permitam a emergência de estruturas auto-organizativas, e uma capacidade constante de se reinventar.

CAPÍTULO 4

ABORDAGEM SITUADA DA COGNIÇÃO

4. Alternativa à Representação – A acção sobre a representação. Tese da Enacção. Cognição situada: corpo e mundo. Cognição é construção. Acção guiada perceptualmente. Corpo e Robótica Evolutiva.

No curso da ciência cognitiva podem distinguir-se duas gerações de pensamento, a primeira, caracterizada por uma perspectiva simbólica que dispensa o corpo e o mundo, a segunda, caracterizada por uma perspectiva situada da cognição. A primeira serve a metáfora computacional, segundo a qual os processos cognitivos são software independente do hardware, e a segunda serve a metáfora do corpo e do mundo, segundo a qual corpo e mente não só não são independentes, como são contínuos no processo de evolução num mundo.

Sob a designação genérica de abordagem situada da cognição ou, ‘embodiment’¹⁵ recaem os trabalhos que rejeitaram, por um lado, a explicação computacional e o primado da representação e, por outro, elevaram a importância do corpo e da interacção com o ambiente na evolução das capacidades cognitivas. Entre outros, vão ser aqui destacados os trabalhos de Francisco Varela, na ciência cognitiva, de Rodney Brooks, na Robótica, e Esther Thelen, na psicologia do desenvolvimento.

Na sequência do trabalho com Maturana na teoria da Autopoieses, Francisco Varela começa a trabalhar no campo da Vida Artificial e desenvolve o que designa de teoria

¹⁵ No original o termo usado é *Embodiment*. Optou-se por não se fazer uma tradução literal, o que daria ‘mente corpórea’, ‘cognição encorporada’, entre outros, porque nenhum destes termos de facto é o indicado para ilustrar o que ‘embodiment’ enquanto paradigma da cognição defende. Por *embodiment* entenda-se o estar embebido ou situado num corpo, numa situação e num mundo. À tradução por ‘corpóreo’ ou ‘encorporado’, que tem uma conotação menos generalista, preferi a designação de abordagem situada da cognição. O termo será também usado na sua forma original ‘embodiment’.

da Enacção¹⁶, também conhecido por paradigma enactivo. Aqui Varela reformula algumas ideias anteriores, nomeadamente a questão da autonomia do sistema e a questão da evolução. Se a teoria Autopoiética punha a ênfase na natureza holística e na circularidade organizacional do sistema, Varela acentua agora que essa organização pode transformar-se pela interacção com o meio a partir da qual se dá a emergência de novos comportamentos.

Como diz Van Gelder (1998c: 622), ‘qualquer forma cognitiva está embebida 3 vezes: num sistema nervoso, num corpo, e num ambiente. O facto de estar embebida a três níveis não quer dizer que estes não se cruzem nem intersectem (...) estes 3 níveis estão em permanente interrelação’.

O paradigma enactivo desenvolve-se portanto em torno do esbatimento da separação entre acção e percepção – a percepção consiste numa acção guiada perceptualmente – e pela ênfase do papel do movimento e acção no ambiente na emergência das estruturas cognitivas. Assim, agente cognitivo e mundo especificam-se mutuamente. Segundo Varela (1991) o uso do termo enacção pretende enfatizar que a cognição não é a representação de um mundo pré-dado por uma mente pré-dada, mas é pelo contrário um en-agir de uma mente e de um mundo, na base de uma história de acções que um indivíduo desempenha.

Deste modo o que se torna na segunda geração da ciência cognitiva difere da primeira não apenas na recusa do funcionalismo computacional, mas também na própria concepção da natureza da cognição humana. Os processos cognitivos deixam de ser vistos como processos mentais abstractos redutíveis a uma linguagem lógico-formal, e passam a ser descritos como processos emergentes da acção sensório-motora de um agente num mundo.

O termo ‘embodied’ tem sido usado em conjunto em relação ao facto de se possuir um corpo e ao facto da cognição existir em contexto. Usaremos também aqui os termos incorporado e embebido, respectivamente, em relação ao corpo e ao contexto. Em conjunto, referir-nos-emos a uma perspectiva situada da cognição (ver

¹⁶ No original *Enactement*. Este termo também tem sido traduzido para o português como “actuação”.

nota 16). Esta dupla circunstância tem sido descrita por perspectiva situada da cognição, no inglês *embodied*. No livro *The embodied Mind*, Varela et al. (1991) clarificam a dupla importância do conceito:

Pelo uso do termo *embodied* os autores pretenderam “enfatizar dois pontos: primeiro, que a cognição depende dos tipos de experiência que advêm do facto de se possuir um corpo com várias capacidades sensório-motoras, e segundo, que estas capacidades individuais sensório-motoras são elas próprias embebidas num contexto biológico, psicológico e cultural muito mais abrangente” (pp.226).

Numa perspectiva do desenvolvimento a abordagem situada da cognição sustenta que a complexidade do ser vivo advém de uma actividade inicial simples de interacção imediata com o meio ambiente através dos receptores sensório-motores. Aqui a ênfase é colocada nas componentes locais simples de um sistema – dir-se-á no processamento da base para o topo¹⁷.

Por oposição, relembre-se o paradigma cognitivista clássico, em que a ênfase é num processamento do topo para a base¹⁸ – a cognição depende de um processador superior central de informação.

Assim, relevam-se as especificidades do corpo – do ser encorporado – (aparato biológico) e o modo como esta natureza corpórea da cognição simultaneamente restringe e prescreve as especificidades das interacções com o ambiente. Ou seja, as capacidades sensório-motoras de um organismo – corpo em relação a ambiente – são determinantes para o desenvolvimento de certas capacidades cognitivas, como também a sua natureza é aqui determinada.

Recorrendo às palavras de Esther Thelen (2001:1) “Dizer que a cognição é encorporada significa que ela emerge de interacções corporais com o mundo. Deste ponto de vista, a cognição depende dos géneros de experiências que advêm de ter um corpo com capacidades motoras e perceptuais particulares que estão inseparavelmente ligadas e que em conjunto formam a matriz na qual memória, emoção, linguagem e todos os outros aspectos da vida são misturados”.

¹⁷ No inglês *bottom-up*.

¹⁸ No inglês *top-down*.

Sumariamente destacam-se três elementos relevantes para um entendimento do conjunto de teorias que cai na designação genérica de abordagem situada: (i) a cognição é construtiva e ocorre em tempo real; (ii) o tipo de corpo influencia os processos cognitivos e (iii) a percepção consiste numa acção guiada perceptualmente.

Perspectiva construtiva – A cognição é construção

A proposta cognitivista clássica faz a assumpção de que é possível retirar do mundo um conjunto de características estáveis que o definem, e assim construir a partir delas representações que depois são internalizadas. É o que eu chamaria de construção de um duplo do mundo na mente. A mente recebe e processa em reflexo com este mundo.

A ideia de *embodiment* implica assumir que, pelo contrário, nem o mundo, nem a cognição são estáticas, mas afinal o facto de termos um corpo e ser através dele que experienciamos o mundo, ao mesmo tempo permite a nossa acção, e influencia a forma como o percebemos. A ideia básica é que o organismo *constrói* activamente representações sensório-motoras do mundo baseado nos aspectos da envolvente que são directamente relevantes para a acção que está a desenvolver. Consequentemente um qualquer espaço será visto de um modo diferente por um mesmo organismo dependendo do modo como o organismo está a agir e nesse espaço.

A ideia é de que não existe um processo cognitivo que seja pré-dado ou nem representado, mas sim experiencial e en-agido. Alias, a ideia é que ocorre um tipo de especificação mútua entre organismo e ambiente, fazendo com que a maneira como o mundo aparece e o modo como o organismo pode interagir com o mundo são ambos determinados pelas especificidades biológicas (cóporeas) desse mesmo organismo.

O exemplo do governador Watt explicado por Van Gelder será talvez o modo mais ilustrativo de explicar a passagem de uma perspectiva computacionalista para uma perspectiva dinâmica e situada:

Como desenhar um mecanismo que capaz de manter um “volante” estável apesar das permanentes flutuações do sistema, quantidade de trabalho e pressão do motor? Por volta de 1800, James Watt inventa a solução para este problema concebendo um eixo vertical ligado ao volante de modo a que rode a uma velocidade que depende de si próprio. A este eixo eram ligados dois braços com uma bola de aço nas extremidades. Ligar os braços à válvula reguladora do vapor que opera o motor faz com que quantos mais alto rodarem os braços, menos vapor sai. Consequentemente quanto menor é o fluxo de vapor, menor é a velocidade do motor. Daí segue que a velocidade do volante decresce e com isto a diminuição da velocidade do eixo e dos seus braços. Isto claro faz com que os braços rodem progressivamente a uma altura inferior o que por sua vez faz aumentar novamente o fluxo de vapor e a velocidade do motor. Este processo de calibração circular de todos os componentes é o que se denomina por governador virtual watt. De facto não existe nenhum governador central, e simplesmente todos os componentes estão interrelacionados de um modo causal recíproco.

Também segundo Ester Tellen este exemplo “ilustra o que entendemos por um sistema enactivo: cognição é a actividade de um sistema complexo; cada momento no tempo é criado por uma intersecção dinâmica de muitos componentes e cada momento cria o próximo” (Tellen:332).

O Corpo

Toda esta tese implica claro a posse de um corpo, e pode dizer-se que esse corpo simultaneamente limita e prescreve os tipos de processos cognitivos disponíveis a esse organismo. Como vimos, no exemplo do governador Watt a morfologia determinou as possibilidades do seu comportamento. Mais uma vez esta tomada de posição de que as propriedades físicas do sistema são importantes na especificação da acção, recai na oposição ao paradigma computacional, nomeadamente, o

princípio de universalidade simbólica, segundo o qual o software é totalmente independente do hardware que o instancia.

O exemplo do caminante dinâmico passivo (McGeer, 1990) demonstra esta estratégia de diminuir os mecanismos de controlo em favor de uma exploração das propriedades físicas de um robot:

“(…) É um robot formado por duas pernas ligadas a um eixo rotacional. Os pés são dois semi-arcos para permitirem um movimento natural e suave. A articulação do joelho, tal como sucede no joelho humano, permite o movimento em apenas uma direcção. Quando colocado numa superfície inclinada, as pernas movimentam-se naturalmente reproduzindo um movimento notavelmente semelhante ao de um caminante humano. (...) É no entanto um magnífico exemplo de exploração das dinâmicas passivas que resultam do seu acoplamento com o meio ambiente, nomeadamente as que resultam da lei da gravidade, do atrito, do peso e das dimensões das suas partes componentes. Dessa exploração resulta uma acção elegante e coerente no mundo, a acção de caminhar, que pode ser interpretada por um observador exterior como a acção intencional de caminhar (...)” (Almeida e Costa, 2001:8)

Como se verá mais à frente, o trabalho na robótica evolutiva tem vindo a mostrar como a evolução do sistema depende da morfologia e do material que é usado para construir a máquina. Daí o slogan “trade morphology and materials for control” (Pfeifer, 2000: 25) ou “troque-se o controlo pela morfologia e pelos materiais”.

Toda esta concepção levou mais recentemente a várias explorações de hardware evolutivo que reposicionam radicalmente o entendimento da modelação dos fenómenos cognitivos e da sua própria natureza. Não é feita uma distinção formal entre software e hardware, sendo que a cognição assenta em manipulações formais de circuitos e na exploração das propriedades dos materiais usados.

A percepção consiste numa acção que é guiada perceptualmente

Finalmente, dizer que a percepção é uma acção guiada perceptualmente é o mesmo que dizer que a cognição é situada, ou dito de outra forma, que esta é algo que *acontece* num contexto de tarefas e resolução de problemas. No desenrolar de um processo cognitivo a entrada de dados perceptuais faz-se continuamente, afectando o próprio processamento e o próprio ambiente pela execução das actividades motoras em causa.

Um sistema vivo aprende a agir no mundo, pela aprendizagem do controlo dos seus próprios movimentos, consequentemente pelo domínio e conhecimento das suas capacidades perceptuais e motoras. Esta abordagem assume que o processo de aquisição e desenvolvimento das propriedades físicas é um primeiro passo no adquirir de processos cognitivos mais complexos, como a categorização e formação de conceitos. Nas palavras de Esther Thelen e Linda Smith ‘O pensamento cresce a partir da acção e essa actividade é o motor de mudança’ (1995: 69).

A investigação na Vida Artificial, nomeadamente o trabalho de Rodney Brooks no MIT, no que se designa de Nova Robótica¹⁹, baseado na autonomia dos agentes é fundamental na compreensão do conceito de acção guiada perceptualmente.

No início dos anos 80, Brooks começa a desenvolver uma nova abordagem ao estudo da inteligência artificial motivada pelas incapacidades demonstradas pela estratégia clássica e devido à própria convicção de que a robótica devia procurar a simulação do processo, o funcionamento dos fenómenos cognitivos humanos em vez do produto final – a representação.

As dificuldades com que se debatiam na época os investigadores da abordagem simbólica clássica como Hans Moravec²⁰ são claras se percebermos o que implica esta abordagem implica. A construção de sistemas baseados no armazenamento de informação implicava que os programadores tinham de adivinhar as condições que os robôs iam encontrar no ambiente e previamente especificar todos os dados relevantes para este pudesse agir de um modo bem sucedido neste ambiente. Claro

¹⁹ Nova Robótica é a designação genérica para a robótica que se desenvolve a partir da 2ª metade dos anos 80, nomeadamente a partir dos trabalhos sobre autonomia dos agentes de Rodney Brooks.

²⁰ Cf. Hayles, 1999:236

que isto também implica um trabalho à priori de antecipação do imprevisto. Mas, mesmo dispondo de toda a informação relevante, continua a não ser lícito que o robô funcione correctamente, pois ele deve também ser capaz de determinar que peça de informação é relevante no contexto na situação em causa. O resultado geral era a produção de robôs extremamente lentos e incapazes de lidar com elementos e situações imprevistas.

Pelo contrário, para Brooks, a capacidade de lidar com o imprevisto parecia ser o elemento fundamental de qualquer processo inteligente. Assim Brooks decide tentar construir robôs que pudessem agir num mundo sem ter de recorrer a uma unidade de processamento central. O principal exemplo destes experimentos é o COG. A estratégia consistia em conectar vários sensores e “actuadores” a varias unidades de processamento com um mínimo de comunicação entre elas, não existindo qualquer centro de representação mas apenas um sistema de controlo que entra em acção quando os vários sistemas entram em conflito. A execução de cada tarefa depende então das possibilidades abertas (e restritas) do mecanismo adaptativo da morfologia o que permitia uma maior solidez do sistema e uma maior capacidade de lidar em tempo real com situações complexas e com menores necessidades computacionais, sendo que de facto certas situações possuem níveis altíssimos de complexidade e outras são mesmo intratáveis em termos computacionais²¹. Assim, em vez de começar pelas instancias superiores do pensamento humano Brooks começa pela locomoção e simples interacções tentando construir a sua hipótese da base para o topo, tendo esta estratégia por base a ideia de que a propriedade essencial de um ser humano (e de qualquer ser vivo) é a de se deslocar e interagir dinamicamente com o ambiente.

Finalmente o movimento da robótica evolutiva (ou vida artificial) advoga sobretudo (i) a minimização do controlo necessário à exploração das propriedades físicas reais do robô na interacção com o meio, (ii) a substituição da computação pela exploração das propriedades morfológicas e dinâmicas físicas; (iii) e que a cognição é uma propriedade emergente da *evolução do acoplamento* entre sistemas. Dito por outras

²¹ É também importante sublinhar que o COG foi desenvolvido fisicamente de modo a que pudesse encontrar (em vez de simular) os constrangimentos que qualquer humano encontra.

palavras, a cognição é inseparável do corpo que a faz surgir, e a acção no ambiente é o processo pela qual ela surge (Almeida, 2001). Mas os fenómenos cognitivos mais complexos estudados em robótica evolutiva são fenómenos relativamente simples. A interrogação fundamental que até hoje subsiste para uma teoria geral da cognição é então saber até que ponto a perspectiva morfológica base-topo da robótica será capaz de vir a modelar os problemas mais complexos da cognição, isto é, os fenómenos cognitivos de uma ordem superior.

CAPÍTULO 5

A TEORIA DOS SISTEMAS DINÂMICOS

5. Percursos na história; Cognição como fenómeno dinâmico temporal; Conceitos Dinâmicos; Apresentação da Tese ontológica e epistemológica; Os sistemas dinâmicos na psicologia do desenvolvimento - Erro 'A-não.-B'; Análise crítica: vantagens e desvantagens

“A ciência, em outros termos, é um sistema de relações. Ora, como acabamos de dizer, é apenas nas relações que a objectividade deve ser buscada; seria inútil procurá-la nos seres considerados como isolados uns dos outros”.

[Poincaré, O valor da ciência: 165]

Após o domínio quase exclusivo do paradigma computacional, a partir do qual se fundou a Ciência Cognitiva, começa a consolidar-se nos anos 90 todo um novo corpo teórico e instrumental de análise, designado por Dinamismo. A *hipótese do dinamismo* na cognição reúne uma série de paradigmas de investigação que aplicam a teoria matemática dos sistemas dinâmicos à compreensão do funcionamento cognitivo. Este paradigma é o entroncamento teórico de alguns dos conceitos dinâmicos introduzidos pela cibernética, connexionismo e teorias da auto-organização com o corpo instrumental e conceptual da teoria matemática dos sistemas dinâmicos. Faremos aqui um pequeno resumo das ideias dinamicistas e da sua demarcação de modelos anteriores, bem como dos precursores do constructo, e finalmente, de alguma investigação actual que partindo da perspectiva dinâmica, começa a questionar postulados fundamentais das ciências da cognição, nomeadamente na psicologia do desenvolvimento e neurociências.

A ideia da cognição como um processo dinâmico não é, claro, nova e ela própria é produto de uma dinâmica de investigações nas áreas diversas da matemática, física, engenharia, neurobiologia, e filosofia, em tempos diferentes, às vezes contíguos, que lhe foram dando forma. Contudo, pouco trabalho foi realizado que explorasse estas especulações anteriores devido a uma falta de instrumentos matemático-conceptuais apropriados e a falta de métodos computacionais para implementar os modelos de um modo prático (Port, 2000). A sua aplicação a diferentes áreas de estudo, como o comportamento humano, é sim, recente.

A teoria matemática ela própria foi criada para descrever o comportamento de sistemas complexos, e desenvolvida por Henri Poincaré. Aliás, Poincaré é tido como o precursor da actual teoria dos sistemas dinâmicos. A partir do século XVII a matemática começou a distinguir-se da geometria, a matemática das formas visuais, e a aproximar-se da álgebra, a matemática das fórmulas. Poincaré manteve-se fiel à geometria, mas propôs uma geometria diferente que seria uma matemática de padrões e relações, a topologia, designada genericamente de “geometria de folha de borracha”. (Capra, 1996:125). E foi assim que ao usar conceitos da topologia para estudar problemas dinâmicos complexos, Poincaré²² precedeu a actual teoria dos sistemas dinâmicos.

A sua aplicação a outras áreas remonta ao movimento cibernético nos anos 40, 50 (Wiener, 1948) com a exploração dos mecanismos de retroacção e estabilidade em sistemas complexos, onde a dinâmica era a base da teoria de controlo e do estudo dos mecanismos de retroacção.

Em 1952, o psicólogo inglês W. Ross Ashby publica o livro ‘Design for a Brain’ baseado na natureza dinâmica do cérebro²³ e na neurologia Karl Lashley (1960)

²² A conhecida *conjectura de Poincaré* procura explicar a geometria do espaço tridimensional (aliás, é um dos problemas não resolvidos até agora da topologia algébrica), e foi o primeiro a considerar a possibilidade do caos num sistema determinista, no seu trabalho sobre órbitas planetárias.

²³ W. Ross Ashby (1952) propôs um engenho analógico, o homeostato, que materializa o conceito de ultra estabilidade, que define como a tendência encontrada em sistemas naturais da sua capacidade para absorver ruído, ou a capacidade de manter um determinado nível de funcionamento apesar das variações do meio.

explora as interacções múltiplas e simultâneas a diversas escalas que se passam no cérebro. Nas ciências da motricidade são de destacar os trabalhos de Benstein (1967) sobre coordenação do movimento. Na matemática a teoria do caos de Renè Thorn é uma extensão da teoria dinâmica em combinação com a topologia para descrever fenómenos de descontinuidade, mudanças repentinas num sistema que resultam na formação de estruturas temporais. Na psicologia experimental a perspectiva ecológica de Gibson (*The Ecological Approach to Cognition*, 1979) enfatiza o papel activo do sujeito na percepção do mundo, na extracção de informação relevante disposta no mundo.

Por volta dos anos 80, o conexionismo reformula-se (redes com reentrância) e desenvolve-se no sentido de um dinamismo mais completo, reintroduzindo a discussão do dinamismo na ciência cognitiva. A teoria dos sistemas dinâmicos na inteligência artificial corresponde ao desenvolvimento progressivo dos experimentos conexionistas

Actualmente, esta abordagem tem tido grande visibilidade como uma alternativa ao paradigma simbólico e tem vindo reivindicar um novo paradigma para ciências cognitivas. A adopção do corpo teórico começa a expandir-se na investigação em diversas áreas como a modelação neuronal, neurociência cognitiva, robótica evolutiva, psicologia ecológica e investigação de coordenação e controlo motor. Progressivamente, este investimento começa a fazer-se notar também na psicologia do desenvolvimento, psicologia cognitiva e algumas áreas da linguística.

Os seguintes autores são invocados neste trabalho pelo contributo para o desenvolvimento e progressiva expansão na actualidade de uma perspectiva dinâmica dos fenómenos cognitivos: na filosofia, Van Gelder e Robert Port, Juarrero; na psicologia do desenvolvimento, Thelen e Smith, nos estudos de percepção McClelland, Rumelhart e William Gibson; nas neurociências, Karmiloff-Smith, na neurociência Edelman e Kelso, na robótica, Brooks e Pfeifer .

Cognição como fenómeno dinâmico - temporal

Em clara oposição ao paradigma computacional, os modelos dinamicistas caracterizam-se por enfatizar “o desdobramento da trajectória de um estado do sistema e as forças internas e externas que formam esta trajectória, em vez do conteúdo representacional das suas partes constituintes, ou os mecanismo físicos implícitos/subjacentes que instanciam a dinâmica” (Randall Beer, 2000: 91) que caracterizam, respectivamente o modelo simbólico e o modelo conexionista da cognição.

Desse ponto de vista a hipótese dinâmica abandona por completo a metáfora do computador em relação ao sistema cognitivo. Nas palavras de Van Gelder em *It's About Time: Na Overview of the Dynamical Approach to Cognition*:

“O sistema cognitivo não é um computador, é um sistema dinâmico. Não é o cérebro, sozinho e encapsulado; pelo contrário, é o sistema total composto por sistema nervoso, corpo e ambiente. O sistema cognitivo não é a manipulação discreta e sequencial de estruturas representacionais estáticas; mas é antes uma estrutura de influência mútua e simultânea de mudança. O seu processo não toma lugar no tempo arbitrário e discreto dos passos de um computador; mas em vez disso, estes desdobram-se no tempo real de mudança contínua no ambiente, corpo e sistema nervoso. O sistema cognitivo não interage com os outros aspectos do mundo pela passagem de mensagens ou comandos; mas pelo contrário, está em contínua co-evolução com eles” (1995:3).

A teoria dinâmica da cognição consolida em si, a resposta a algumas das questões debatidas ao longo da evolução da ciência cognitiva, particularmente às correntes de investigação que foram sendo aqui expostas. Claramente, distingue-se do primado da representação como cópia interna do mundo, central ao processo cognitivo e de uma natureza estática. Resume em si, de acordo com a tendência de investigação já sustentada pelo paradigma da Enacção, uma perspectiva totalmente situada da

cognição, segundo a qual o cérebro não está encapsulado e isolado, mas constitui-se com um corpo e com um mundo. E estes três sistemas estão ligados entre si numa relação de causalidade contínua e influência mútua. Em continuidade com as tendências de investigação anteriores é abandonada a ideia de um centro de controlo único da acção cognitiva, e reafirmada a co-evolução dos sistemas.

Assim a cognição é tida como um espaço multidimensional, em mudança contínua, sujeito a pressões internas ambientais. “A cognição não é vista como tendo uma estrutura ciclo sequencial (sentido-pensamento-acto), mas antes como uma questão de constante e contínua co-evolução. A subtilidade e complexidade da cognição não se encontram no tempo em estruturas estáticas e elaboradas, mas antes no tempo no fluxo de mudança ele próprio” (Van Gelder, 1999: 244)

Contudo, a característica mais distintiva da teoria dos sistemas dinâmicos é o facto de propor toda uma forma de descrição baseada na geometria e no conceito de tempo. A linguagem usada aqui é uma linguagem de distâncias e pontos, tempo e mudança. É uma linguagem essencialmente temporal e, de certa forma também, uma linguagem visual.

Conceitos Dinâmicos: Estado de Estados Possíveis, Atractor, Trajectória, Bifurcação

Neste ponto, parece-me importante fazer aqui uma breve explicação dos principais conceitos da teoria matemática dos sistemas dinâmicos para se perceber o potencial de descrição dinâmica que eles permitem, quando aplicados à descrição dos fenómenos cognitivos e do comportamento humano.

Em termos globais esta teoria descreve os fenómenos através dos conceitos fundamentais de mudança e tempo, com recurso a uma terminologia geométrica. Genericamente, um sistema dinâmico é qualquer sistema do qual é possível fazer uma análise rigorosa da sua evolução no tempo.

Um sistema dinâmico é constituído pelo espaço de todos os estados possíveis de um sistema. O estado é definido por um conjunto de variáveis e o seu *espaço de estados* é o espaço definido pelo conjunto de todos os seus estados possíveis – isto forma um conjunto de variáveis que definem as possibilidades do sistema. “Na modelação cognitiva as propriedades do sistema são tratadas como *localizações e movimentos* dentro do espaço de estados” (Fernando Almeida, 2001:18). Este espaço de estados representa o seu potencial presente: cada estado possível do sistema é representado como uma intersecção de coordenadas (um ponto), num espaço multidimensional. Quando um dos eixos representa tempo, o gráfico mostra a fase de estados: o seu potencial ao longo do tempo ou o seu *retrato temporal*.

O comportamento do sistema será equivalente à *trajectória* do sistema, ou sucessão de estados ao longo do espaço de estados, isto é, uma sequência de pontos. A forma do fluxo – conjunto de trajectórias que atravessam o espaço de estados é estudada do ponto de vista dos pontos e regiões do espaço de estados que assumem especial importância na determinação do comportamento estudado. Uma noção particularmente importante é a de *atractor* que se define por um ponto no espaço de estados em direcção ao qual a trajectória tenderá sempre quando na sua proximidade, isto é na presença da *bacia de atracção*. Ou por outras palavras no modelo dinâmico o atractor representa um ponto (multidimensional) e o conjunto de pontos que descreve a região que rodeia o atractor denomina-se bacia de atracção. Deste modo pontos situados numa bacia de atracção têm uma probabilidade acima da média de serem visitados pelo sistema, enquanto este se encontra dentro de um certo limite de flutuações (por flutuações entendam-se as mudanças nas suas variáveis) (ver figura 1). Algumas mudanças mais profundas implicam a mudança de um atractor para outro dentro do seu espaço de estados possíveis. Tais mudanças denominam-se de *bifurcações* do sistema, isto é subitamente a trajectória do sistema bifurca em direcção a um atractor completamente novo.

A aplicação dos conceitos da teoria matemática permite observar os fenómenos cognitivos como se fossem trajectórias (num espaço de estados possíveis) e observar o curso do seu desenvolvimento em tempo real, quer numa perspectiva a curto prazo

de resolução de problemas, como numa perspectiva a longo prazo de desenvolvimento ontogenético. A adopção de uma perspectiva geométrica de análise em tempo real expõe obrigatoriamente o *padrão relacional* e o processo de mútua e contínua influência que decorre entre sistemas.

O que permite a adopção desta perspectiva geométrica é o facto das variáveis dos sistemas dinâmicos serem numéricas, o que faz do sistema um sistema quantitativo. Um sistema quantitativo é todo aquele em que se regista um dos seguintes casos (i) as distâncias entre estados importam para o comportamento – quantitativo quanto ao estado; (ii;) o grau de mudança depende do próprio grau de mudança actual - quantitativo quanto ao grau de mudança. (iii) o tempo é uma quantidade e o comportamento está em relação à métrica temporal - quantitativo quanto ao tempo. (Van Gelder, 1998)

Assim, outra característica essencial da modelação dinamicista é a forma como o tempo é tratado. É condição essencial de uma perspectiva situada e dinâmica da cognição que os fenómenos sejam postos em evolução em tempo real, isto é, em tempo contínuo em oposição a um tempo discreto característico do computacionalismo.

Tese ontológica e epistemológica

Neste momento parece-me importante esclarecer qual é a relação entre um sistema dinâmico artificial e sistema cognitivo natural. A hipótese dinâmica propõe uma tese relativa à ontologia – natureza dos agentes cognitivos – e outra relativa à epistemologia – modelo conceptual e científico de estudo – da cognição. A primeira postula que ‘agentes cognitivos são sistemas dinâmicos’ e a segunda que ‘os sistemas cognitivos devem ser entendidos como sistemas dinâmicos’. Enquanto que

a segunda tese não se revela problemática para os críticos desta abordagem, a primeira, tem inspirado alguma crítica sistemática²⁴.

Melhor explicado por Van Gelder em *The Dynamical Hypothesis in Cognitive Science* (1998: 617) a relação um sistema cognitivo artificial e um sistema cognitivo natural “não é uma relação de identidade, mas uma relação de instanciação”. Agentes cognitivos não são eles próprios sistemas (um conjunto de variáveis), mas são antes objectos cujas propriedades podem formar sistemas (...) os agentes cognitivos ‘são’ neste sentido, não um tipo particular de sistema dinâmico, mas quantos sistemas forem necessários para produzir todos os tipos diferentes de desempenhos cognitivos exibidos pelo agente.

Entenda-se contudo, que a teoria não diz que os sistema cognitivos são dinâmicos a um nível qualquer, o que se pretende dizer é que: os agentes cognitivos são sistemas dinâmicos ao nível em que estamos interessados na explicação causal do seu comportamento como agentes cognitivos, ou ao nível mais relevante de organização causal.

A tese ontológica dos sistemas dinâmicos pode ser objectada pelo argumento de que não existem tais coisas como tipos de sistemas diferentes (digitais e dinâmicos) na natureza. A hipótese dinamicista acredita que de facto existem sistemas diferentes, de cuja estrutura causal derivam os padrões que se podem observar no mundo.

Mas vejamos, de que modo e em que medida é que um sistema biológico pode ser considerado um sistema dinâmico? Como vimos anteriormente todo o modo como a Autopoiesis e o movimento enactivo descrevem o comportamento do vivo e essencialmente os seus processos dinâmicos auto-organizativos implica já uma forte direcção em termos de entendimento de um sistema biológico como um sistema dinámico. Mas o que possibilita tais capacidades auto-organizativas?

Como afirma Kelso (1995:16) há certas condições essenciais para que se verifique auto-organização. São elas a existência de um grande número de componentes em

²⁴ Para uma resposta mais elaborada do autor a esta e outras criticas a hipótese dinâmica, consultar: Van Gelder, Timothy, 1998, ‘Disentangling Dynamics, Computation and Cognition’, *Behavioral and Brain Sciences*, 21, pp. 40-7.

interacção não-linear (medida de complexidade suficiente); e a condição de que o sistema o deve ser dissipativo e estar sempre longe de equilíbrio.

Ora, neste momento parece-me claro que um sistema vivo possui uma materialidade específica que lhe permite interrelacionar uma grande quantidade de componentes. Mas o que significa dizer que este sistema deve ser dissipativo e estar longe de equilíbrio?

Abordemos este assunto com mais detalhe a partir de alguns conceitos da termodinâmica e do estudo de sistemas em estados perto de desequilíbrio, pois é destas disciplinas que advêm grande parte dos avanços para a formulação de uma teoria geral dos sistemas dinâmicos.

Segundo a segunda lei da termodinâmica, um sistema fechado tende sempre ao longo do tempo para uma situação de equilíbrio, isto é de não-produtividade. Ora, é característico dos sistemas biológicos serem sistemas estáveis, mas longe de equilíbrio. Isto é, são capazes de manter estabilidade numa situação longe-de-equilíbrio (de criação de diferenciação), pois por estarem abertos são capazes de manter um fluxo contínuo de energia e matéria de dentro para fora do sistema e assim evitar o movimento de homogeneização (de indiferenciação) que representa o crescimento de entropia²⁵.

²⁵ O desenvolvimento das teorias dinâmicas deve muito aos estudos em termodinâmica. Em 1865, Rudolf Clausius afirma a existência para qualquer sistema físico de uma grandeza denominada entropia, determinada pelo estado físico do sistema, que representa o grau de desordem do sistema, que é o grau de equilíbrio. Ora, esta grandeza refere-se a uma tendência para a improdutividade – um sistema contém mais potencial conforme esteja num menor estado de desordem. Assim e conforme formulado por Boltzman: a primeira lei da termodinâmica afirma então que a quantidade total de energia no universo é conservada; e a segunda afirma que ao longo do tempo num sistema fechado, o arranjo desordenado (inútil) de energia aumenta e que o arranjo ordenado (útil) diminui. Este aumento de energia refere-se a uma tendência média desse sistema isolado para evoluir para um estado cada vez mais provável à escala molecular. A ordem, o desequilíbrio do sistema, implica então criatividade.

Ora tais princípios ao introduzirem uma seta temporal irreversível entram em confronto com a mecânica clássica segundo a qual o tempo é reversível existindo apenas a ilusão a uma macro escala da sua irreversibilidade.

Questionando-se sobre a possibilidade de obter uma equação macroscópica irreversível a partir de equações microscópicas reversíveis, James Clerk Maxwell no estudo de fenómenos magnéticos usa pela primeira vez a estatística como modo de coordenar as disparidades entre a mecânica Newtoniana e o segundo princípio da termodinâmica. Segundo Prigogine, a sua inovação consistiu em introduzir a probabilística na física não como uma aproximação, mas como um princípio explicativo. Boltzman aplica as suas teorias argumentando que o calor é uma função da média de movimento das moléculas. Ou seja, a temperatura é um fenómeno estatístico sujeito à probabilística e impossível de determinar a uma micro escala (molécula individual). Isto é, a emergência de um estado global irreversível (uma média) a partir de microcomponentes reversíveis.

Como afirma Prigogine sistemas deste género mantêm a sua complexidade organizacional pois retiram energia (ordem) da sua envolvente e devolvem matéria com elevados graus de desordem. Assim é possível que da desordem possam emergir permanentemente estruturas diferenciadas e sistemas.

A estas estruturas locais que trocam energia com o ambiente e que mantêm o sistema num estado de equilíbrio instável designa Ilya Prigogine de estruturas dissipativas. As estruturas dissipativas emergem espontaneamente em situações longe de equilíbrio e permitem que tais situações se mantenham: “A interacção de um sistema com um mundo exterior, o seu embebimento em condições de não equilíbrio, podem tornar-se desta forma o ponto de partida para a formação de novos e dinâmicos estados na matéria”²⁶ (Prigogine, citado em Taylor, 2001; 121).

Assim o que me parece importante reter é que desordem não só representa a destruição de ordem e de produtividade (entropia), mas paradoxalmente representa também a condição necessária para a sua própria formação numa dialéctica entre estabilidade e mudança. É esta dialéctica entre ordem e desordem, que permite que novidade possa emergir, tornando o sistema num todo mais complexo.

È pois neste quadro de entendimento de sistemas biológicos enquanto sistemas regidos por dinâmicas de interacções não-lineares que a terminologia dinâmica ganha a sua importância.

Estes foram os princípios essenciais da termodinâmica clássica. Contudo, os sistemas biológicos apresentam uma situação longe de equilíbrio e ao mesmo tempo estabilidade, isto é, capacidades de transformação e evolução criativa, mas ao mesmo tempo desordem, o que aparentemente contradiz o segundo princípio da termodinâmica. Isto é, um sistema só se encontra em equilíbrio termodinâmico quando as energias do sistema estão uniformemente distribuídas e não há um movimento de uma região para outra. Porém repare-se que este princípio se aplica a sistemas fechados (sistemas que eventualmente tendem para um estado perto do equilíbrio), objectos de estudo da termodinâmica clássica.

²⁶ Convém no entanto entender que a ideia de estruturas dissipativas não é específica de uma visão dinamicista da cognição e se aplica do mesmo modo à comunicação de informação e ruído. Como referiram Shanon e Wiener informação e entropia são inversamente relacionadas. Um sistema tem maior entropia antes de receber uma mensagem e menos depois de a receber. Ou, por outras palavras, a recepção de informação, ou como vimos, do sinal, aumenta a ordem do sistema. Em comparação com a teoria da informação o conceito de estruturas dissipativas seria portanto equivalente ao conceito de ruído. Não pode haver informação sem ruído e ruído sem informação (sobre Prigogine, em Taylor, 2001; 121).

Assim tem-se que em processos auto-organizativos a emergência de *padrões* comportamentais representa a emergência de variáveis colectivas ou *parâmetros de ordem* ou por outras palavras constrangimentos de segunda ordem – isto é, são criados pela coordenação entre as partes e por sua vez influenciam estas mesmas partes. A este processo referi-me também por *causalidade circular* (cf. Teoria da Autopoiesis). Como se viu anteriormente um sistema fechado é um sistema tal que o seu *espaço de estados* se dissipa com o tempo, isto é, tende para uma situação de desordem ou entropia. Ora, esta tendência para o equilíbrio a uma escala – que como vimos implica uma menor produtividade – corresponde a uma macro-escala, para um maior grau de ordem, isto é de especificação. Vejamos que um elevado grau de ordem a uma micro-escala implica um aumento em complexidade e um maior volume no *espaço de estados possíveis*. Contudo à medida que a microescala tende para a entropia ou desordem isso corresponde a uma diminuição do número de *estados possíveis* o que em termos probabilísticos torna os estados restantes mais prováveis. A estes estados mais prováveis denominamos, como vimos anteriormente, de *atractores*. Num sistema natural aberto, como um sistema biológico, este ciclo é como vimos, mantido pela emergência de estruturas dissipativas que dissipam a energia de um modo mais eficiente e ao mesmo tempo retiram energia da envolvente. São por sua vez estes constrangimentos de segunda ordem que vão permitir reintroduzir ordem (instabilidade) a uma micro-escala, continuando o circuito de causalidade recíproca.

Assim os termos já mencionados ganham uma relevância como conceitos que permitem formular uma descrição da evolução e comportamento do sistema vivo. Isto é, *atractores* são parâmetros de ordem do sistema formados (emergentes) da coordenação entre partes e que num processo de causalidade circular influenciam essas mesmas partes. *Atractores* correspondem indirectamente aos comportamentos de um sistema.

Já o termo *bifurcação* é relevante em dois sentidos pois tanto mostra como sistemas abertos muitas vezes tem várias opções para as mesmas condições ambientais, como por outro lado permitem constituir um mecanismo para o entendimento da mudança e a flexibilidade. Devido a esta dualidade (entre mudança e flexibilidade) referir-se-á a

partir de agora a bifurcações apenas no sentido de mudanças flexíveis entre atractores numa paisagem (entre vários estados possíveis) e a *mudanças de fase* ou *transições assimétricas* em relação a mudanças abruptas do sistema que implicam a sua reorganização.

Consequentemente a cognição é aqui entendida como “uma estrutura particular no tempo e no espaço (...) que suporta interacção inteligente com o mundo (..). Por estrutura entenda-se qualquer coisa não aleatória em forma que perdura ou recorre no tempo.” (Van Gelder e Port, 1995: 27).

A aplicação dos sistemas dinâmicos às neurociências e à Psicologia do Desenvolvimento

“Tradicionalmente a variabilidade nos dados comportamentais é o pesadelo de um investigador. Demasiada variabilidade intra ou inter sujeitos mascara qualquer feito experimental. Então, os investigadores escolhem deliberadamente tarefas que tornam as pessoas todas iguais.”
(Thelen, 2003: 343)

Um exemplo representativo da aplicação do corpo teórico instrumental da teoria dos sistemas dinâmicos às ciências cognitivas é o trabalho, entre outros, em psicologia do desenvolvimento de Esther Thelen e colegas. Damos particular atenção à teoria clássica das origens do desenvolvimento cognitivo e na discussão de um fenómeno observado nas crianças, conhecido por erro ‘A-não-B’.

Segundo a teoria de Piaget²⁷ o desenvolvimento cognitivo da criança deve-se à acção das capacidades sensório-motoras num mundo. Contudo, a progressão dos estádios de

²⁷ Piaget divide o desenvolvimento cognitivo em quatro estádios: o estágio sensório-motor (desde o nascimento até aos dois anos de idade), o estágio pré-operatório (dos dois aos seis ou sete), o estágio das operações concretas (dos seis ou sete até aos onze) e o estágio das operações formais (desde cerca dos doze em diante).

desenvolvimento cognitivo faz-se no sentido de um controlo cada vez mais eficaz dos aspectos concretos do mundo, pela evolução para formas de pensamento mais abstractas e lógicas. Cada estágio é a consolidação de estruturas de pensamento de que a criança dispõe à partida. Assim, a concepção Piagetiana afirma uma diferença entre aquilo que a criança sabe e aquilo que a criança executa (competência vs desempenho). É precisamente esta descontinuidade entre saber e actuar que é criticada por uma perspectiva dinâmica da cognição. Numa abordagem situada da cognição, pensamento, percepção, acção estão mesclados numa relação de mútuo desenvolvimento.

O erro A-não-B

O erro A-não-B (Piaget, 1954) refere-se a um efeito experimental sobre a capacidade das crianças compreenderem que um objecto continua a existir mesmo depois de ter desaparecido do seu campo de visão – conceito de permanência do objecto.

Piaget descobriu que antes dos 7-8 meses de idade as crianças se recusam a procurar um objecto que foi escondido debaixo de uma superfície, como se pelo facto de não o ver, o objecto deixasse de existir. Cerca dos 7-12 meses as crianças parecem exibir um conhecimento parcial do objecto. As crianças procuram o objecto, mas se este for mudado para outra localização, as crianças continuam a procurar na primeira localização.

A experiência clássica decorre da maneira seguinte: Em frente à criança o experimentador coloca um objecto interessante debaixo de uma superfície, um pano ou um contentor (posição A). Incentiva-se a criança a procurar o objecto. O mesmo procedimento é repetido várias vezes. A criança levanta a tampa e alcança o objecto. Em seguida, a criança observa o experimentador a mudar o objecto da posição interior para o colocar desta vez em outro contentor (posição B). Quando se solicita a resposta da criança, esta continua a alcançar persistentemente o objecto na primeira posição, mesmo depois de ter observado a mudança de posição. Isto é, o objecto é procurado em A e não em B (erro A-não-B).

A explicação de Piaget é que nesta altura do desenvolvimento as crianças ainda não adquiriram o conceito de permanência de objecto. Isto é, as crianças não têm representações adequadas dos objectos.

Em oposição a esta ideia, Thelen e colegas construíram um modelo formal de análise baseado na teoria dos sistemas dinâmicos, designado por ‘Dynamic Field Theory’ que explica como é o que o erro A-não-B é antes o produto emergente de causas múltiplas em interacção em escalas de tempo (Thelen, & Smith, 1994; Thelen, et al., 2001).

Thelen e Smith (1994) explicam que o comportamento observado é puramente contextual. A observação da mudança de posição não é suficiente para corrigir o efeito de habituação que se criou pela repetida colocação do objecto na primeira localização. De uma perspectiva dinâmica, esta perseveração é emergente da dinâmica em tempo real do conjunto de fenómenos cognitivos como a percepção visual, memória e planeamento do movimento em direcção ao objecto que são necessários à resposta comportamental.

Em alternativa à explicação representacional, os autores sugerem que a resposta errada se deve à imaturidade do sistema de planeamento da acção.

Experiências posteriores mostraram que o erro não se verifica com a alteração do desenho da experiência, entre outros, (i) se houver diferença de tempo maior entre a primeira e a segunda posição, (ii) se a criança só alcançar o objecto na primeira posição uma vez em vez de múltiplas vezes; (iii) se o objecto na segunda posição for mais interessante que o primeiro.

A reinterpretção de Thelen e colegas pretende demonstrar que aquilo que parece ser uma propriedade de representações abstractas, superiores e estáticas pode afinal ser resultado de feitos e que a diferença entre percepção, acção e cognição é, neste sentido, insustentável. Thelen afirma que este estudo demonstra não só que as memórias relevantes que dominam o problemática do erro A-não-B estão incorporadas na linguagem do corpo, como demonstra que o próprio erro é um produto descentralizado dependente das coberturas da mesa, do atraso em mostrar o objecto, do modo como este é escondido e das actividades passadas da criança. Com efeito a teoria dos sistemas dinâmicos permite modelar a maior parte destes eventos em tempo real em

termos de equações dinâmicas, e demonstrar as continuidades de dinâmicas entre físico e mental (Thelen, 1995).

O desenvolvimento deverá ser entendido como um “produto emergente de varias interacções descentralizadas e locais que ocorrem em tempo real. (...) Como uma mudança no contexto de um sistema dinâmico complexo’ (Smith e Thelen, 2003: 343).

Análise crítica da abordagem dinâmica

Assim em primeiro lugar a linguagem dos sistemas dinâmicos oferece um vocabulário conceptual que permite a unificação dos processos cognitivos no cérebro com os processos fisiológicos do corpo periférico e com os eventos ambientais exteriores ao organismo (Port e Gelder, 1995). Ou seja, a linguagem dos sistemas dinâmicos permite a unificação dos processos cognitivos no cérebro com os processos fisiológicos, passando a entender cognição como uma série de eventos multi-dimensionais.

Com efeito a abordagem dinâmica enfatiza o que de comum existe entre comportamento nos processos neuronais e comportamentais por um lado, com os eventos fisiológicos e ambientais pelo outro. O que de mais importante têm em comum é a dimensão do tempo que é comum a todos estes domínios. Isto permite acoplamento entre eles em tempo real, onde a dinâmica de um sistema influencia o outro.

Assim argumenta-se que o desenvolvimento cognitivo e o tempo de processamento devem ser pensados de um modo integrado, dado que a aprendizagem e o comportamento perceptual motor são governados por processos semelhantes embora a escalas diferentes. Em oposição os modelos simbólicos ou computacionais foram forçados a tratar a aprendizagem e o desenvolvimento como processos totalmente diferentes não relacionados com a actividade motora e perceptual.

Relembre-se que a “diferença no que diz respeito a uma concepção de cognição como a) o entendimento do processo cognitivo como processo de optimização decorrendo como actividade endógena ao agente que visa caracterizar um meio ambiente exógeno

e b) o seu entendimento como mútua definição das características endógenas e exógenas dos sistemas, por acoplamento ao longo de um historial prolongado, é a primeira linha divisória entre computacionalismo e dinamicismo”. (Fernando de Almeida, 2001: 21)

Um outro importante factor é que a hipótese dinâmica não invoca a noção de representação, Mas como já vimos anteriormente coloca-se de imediato a questão de que se a cognição depende de conhecimento como é que a hipótese dinâmica tece a sua teoria da cognição? Vejamos que para conseguir explicar a complexidade cognitiva uma aproximação Dinamica deve conseguir entender o vazio entre o processo de adquirir novos padrões de actividade locais (o tema central das explorações do paradigma enactivo e da robótica) e a explicação do modo de adquirir capacidades associadas às funções ditas superiores.

Existem contudo duas principais críticas à teoria dos sistemas dinâmicos. A crítica que questiona a efectiva possibilidade de modelar o cérebro nas suas funções mais complexas através de uma estratégia base-topo e a questão da rejeição da noção de representação total, ou parcial, pelo dinamismo. Relativamente a isto, Van Gelder argumenta que embora os sistemas dinâmicos não assentem em representações, conceitos como atractores, trajectórias, e bifurcações podem ser percebidas como tendo um estatuto representacional. A diferença crucial em relação ao computacionalismo é que nesses sistemas as regras que governam o seu comportamento são definidas nas entidades com este estatuto representacional. E, pelo oposto, nos modelos dinâmicos estas são definidas no encontro entre as suas formações flutuantes e a sua situação em contexto. (cf. Port e Van Gelder, 1995:12)

Assim a questão da representação (que explorarei mais detalhadamente na segunda parte deste trabalho) prende-se na teoria dos sistemas dinâmicos, não com a sua anulação, mas com a sua redefinição de propriedade estável apriorística que perdura inalterada, para uma formação *determinada pelo e determinante do* acontecer da cognição.

CAPÍTULO 6

SÍNTESE E TRANSIÇÃO

6. Progressão dos modelos metafísicos para uma perspectiva multi-causal, situada e temporal; Conceitos: Rede/interconectividade, Retroacção, Emergência, Auto-referência, Trajectória e atractor, Padrão, Plasticidade dinâmica; Adopção da terminologia da teoria dos Sistemas Dinâmicos

A primeira parte deste trabalho expôs as tendências teóricas de conceptualização da cognição mais representativas desde a revolução cognitiva que se inicia no movimento cibernético. Importa agora aqui tecer algumas considerações em conjunto sobre os vários modelos cognitivos apresentados.

A exposição dos modelos anteriormente descritos revela uma progressão no sentido de uma maior complexidade dos níveis de descrição da cognição que se torna visível pela adopção de novos pressupostos conceptuais. Esta reformulação faz-se em oposição a um paradigma simbólico da cognição, dominante na Inteligência Artificial de meados do século, cuja proposta entende a cognição como o executar de um programa predefinido, marginalizando por completo o corpo e a situação. Uma perspectiva dinâmica e situada da cognição, começa a tomar forma com a evolução das redes conexionistas num sentido de maior dinamismo, e afirma-se por inteiro com o corpo conceptual e instrumental da teoria dos Sistemas Dinâmicos, que aplicado ao estudo da cognição permite explorar o desempenho cognitivo em tempo real.

Passa-se assim progressivamente de um nível de descrição unidireccional e unicausal, para um nível de explicação obrigatoriamente multidireccional e multi-causal deixando o corpo de ser reduzido à função de recepção e entrada de informação para passar ele próprio a agir sobre essa mesma informação, da mesma maneira que também o mundo

deixa de ser um simples depósito de acções, para passar a constituir um potencial de influência da acção cognitiva.

A tendência para controlar o corpo e o meio, exercida pela vontade clássica de domínio do software sobre o hardware, começa a ser substituída por propostas de exploração das potencialidades físicas de um corpo como a Robótica Evolutiva em que o sistema é posto em evolução e a cognição é o resultado emergente da interacção de processos inferiores sensório-motores com o meio. A acção cognitiva não é o resultado de um centro de controlo superior, mas é resultante quer de forças internas quer de forças externas em determinado momento.

Até que ponto esta tendência dinamicista está relacionada com uma tendência 'neuro-cognitiva' dos modelos teóricos, devido ao advento da neurociência cognitiva, e consequentemente à descrição dos fenómenos cognitivos pelo uso de uma linguagem dinâmica próxima das próprias dinâmicas neuronais e biológicas do corpo, é uma questão que se pode colocar. Da mesma maneira, pode questionar-se a progressiva naturalização do estudo dos fenómenos cognitivos e as consequências daí derivadas para os modelos teóricos de cognição.

De seguida pretende-se fazer a revisão e exposição de alguns conceitos e pressupostos adquiridos ao longo da primeira parte deste trabalho e que consideramos relevantes para o continuar da discussão. Além do mais parece-nos claro que as seguintes noções são indispensáveis para qualquer teoria da cognição.

Perspectiva situada num Corpo e num Mundo – Uma perspectiva situada da cognição que a localiza no corpo – incorporação – e insere o agente cognitivo no meio – embebimento - é essencial para a compreensão da acção cognitiva. Uma proposta de entendimento da cognição terá obrigatoriamente de ter em conta que cognição existe num corpo e se expressa através dele e na sua acção no mundo, com o qual está inter-relacionada pelo aparato sensório-motor.

Parece-me que uma teoria da cognição tem de dar prioridade, na descrição da acção cognitiva, às contingências biológicas impostas por um corpo e à inter-relação entre agente e ambiente.

Neste sentido o uma perspectiva situada dá expressão teórica à ideia segundo a qual a actividade cognitiva não é controlada por um centro executivo ou programa central manipulador de representações, mas que pelo contrário emerge da relação entre os componentes internos e as contingências do meio.

Rede/Interconectividade – Estes conceitos introduzidos pelo conexionismo são essenciais para o entendimento da cognição como fenómeno não localizável e disperso. A actividade cognitiva não é o processamento serial de representações, nem o resultado de componentes específicos, mas pelo contrário o produto emergente das interações de toda uma rede de componentes locais interconectados. Esta descentralização da actividade cognitiva substitui portanto a ideia hierárquica de centro cognitivo elegendo ao invés vários centros locais de interacção e introduz uma nova direcção no processamento hierárquico da informação passando a privilegiar a direcção da base para o topo ao invés do topo para a base.

Retroacção – O conceito de retroacção, inicialmente introduzido pela cibernética em relação ao funcionamento das máquinas e mais tarde reintroduzido no organismo vivo por analogia com as funções homeostáticas do sistemas nervoso, explora o efeito pelo qual uma máquina ou ser vivo tem a capacidade de adaptar o seu desempenho face a determinadas propósitos, o que se denominou de teleologia da máquina. Os organismos têm agora a capacidade de mudar o seu comportamento, de modelar a novidade, deixam de ser simples receptáculos de informação de entrada, mas passam a agir também sobre ela. Esta perspectiva em que a percepção é igual à acção é depois claramente adoptada pela teoria da enacção.

A informação não é simplesmente processada no momento de chegada tal como se existisse já como um conceito organizado, mas ela própria influencia a resposta que se lhe segue por um processo de inibição ou activação descendente. Numa arquitectura com retroacção em que há reentrada de informação, o fluxo de influência faz-se nos dois sentidos – causalidade circular – a transmissão de informação não se faz num só único sentido, mas se faz simultaneamente num sentido ascendente (dos receptores sensoriais às instâncias cognitivas) e num sentido descendente (das instâncias

cognitivas aos receptores sensoriais) sendo que o próprio momento de recepção deste mesmo estímulo é já uma fusão entre estes dois tipos de informação.

A importância deste conceito reside na ferramenta que fornece para explicar os processos de aprendizagem e transformação temporal da cognição.

Emergência – Um conceito transversal aos modelos aqui apresentados é o conceito de emergência. Designa-se por emergência o surgir espontâneo de padrão e ordem a partir de um conjunto de processos e interações locais sem a necessidade de qualquer tipo de instrução prévia. Este princípio é bem ilustrado pelas redes conexionistas com reentrância em que uma ordem global emerge a partir das interações locais dos componentes do sistema. Aqui a natureza das coisas não ultrapassa a sua própria materialidade, e apesar do produto emergente não poder ser resumido à análise dos seus componentes não deixa de ser um produto que é imanente à organização do sistema (em oposição a transcendente).

O conceito de emergência é portanto fulcral para um entendimento da cognição que não se resume nem ao estudo dos seus componentes objectivos, nem se resguarde numa qualquer transcendência inexplicável. A cognição é portanto aqui tratada como um produto emergente da interação entre sistemas: cérebro, corpo e mundo.

Auto-referencia – A particularidade da teoria da autopoiesis é o facto de atribuir à actividade cognitiva uma lógica totalmente auto-referenciadora. O conceito de auto-referência aplicado à cognição pode implicar que a cognição nunca representa uma realidade externa, mas em vez disso especifica uma realidade inerente ao sistema através do processo de organização circular. Ou seja, a actividade do sistema é sobretudo uma actividade narcísica em que as trocas de energia e matéria com o ambiente servem o único propósito de manutenção do sistema e de especificação de si próprio.

Isto forma portanto uma tendência de auto-coerência constante. E implica uma visão de Mundo que segue sempre uma vontade de coerência interna do sistema. A partir da ideia de auto-referencia A identidade do sistema nasce em oposição a um meio, que

se torna mundo quando dotado de significação – nascimento da intencionalidade. O seu objectivo fundamental do sistema é a manutenção da sua identidade.

Trajectória e Atractor – Uma forte tendência de estudo começa a fazer-se notar na adopção das ferramentas da teoria dos sistemas dinâmicos ao estudo da cognição. Finalmente pode estudar-se a cognição como um processo sempre a acontecer num tempo produto de interacção com os vários sistemas em causa. Um conceito fundamental da teoria dos sistemas dinâmicos é o conceito de atractor ou bacia de atracção, pois introduz a hipótese de uma visão histórica de todo o processo. Atractor é uma região no espaço cognitivo para a qual qualquer trajectória que passe perto dessa região é sugada. A importância dos atractores decorre do facto de eles serem estados estáveis e perduráveis do sistema e que advém de uma história da sua evolução. No processo dinâmico de interacção entre os diversos sistemas, são deixados resíduos que, por sua vez, podem potencialmente influenciar o decorrer da acção cognitiva precedente. Daqui pode elaborar-se a hipótese de que certas dinâmicas de um sistema tendem ao fim de algum tempo para um estado estável.

Padrão – O conceito de padrão tal como é proposto pela cibernética, uma configuração de relações específicas de um sistema particular que estaria na base do seu funcionamento, permite deslocar o foco do estudo cognitivo de um nível de análise concreto, para um nível de análise mais abstracto e relacional, ou seja, introduz um estudo menos debruçado sobre a matéria e partes constituintes de um sistema mas mais atento as dinâmicas desse sistema enquanto um todo integrado. Este padrão será portanto uma matriz de relações ou *distâncias* entre coisas. Daí resulta que a natureza da cognição seja melhor descrita por uma linguagem abstracta e global, que capta este sistema em rede, de relações e conectividades, e que se coloca como alternativa a estratégias de localização constituição estável das partes que compõem a acção cognitiva.

Plasticidade da dinâmica/potencial – O conceito de potencial é a ideia contrária à ideia de programação. A ideia de potencial sugere que qualquer desempenho cognitivo é possível, a sua possibilidade existe em potência, e este pode ou não ser realizado. Na teoria dos sistemas dinâmicos o espaço da cognição é um espaço de estados possíveis em que a trajectória efectuada pelo sistema (comportamento do sistema) deriva da interacção entre forças internas e externas num dado tempo.

Esta ideia de potencial é particularmente importante pois demarca-se de uma vontade de controlo da acção cognitivo, através da ideia de programação e previsibilidade e confere-lhe um certo grau de possibilidade, surpresa, criação, novidade, imprevisibilidade. É um sistema aberto de possibilidades.

De acordo com o que se tem vindo a afirmar pode-se concluir que os conceitos ou pressupostos enunciados anteriormente são sugestivos da cognição como um sistema dinâmico complexo. Assim, no trabalho que se segue adoptamos a teoria dos sistemas dinâmicos como teoria de base para a exploração da natureza da cognição. Esta decisão parte das seguintes asserções expostas e discutidas ao longo deste trabalho: i) uma teoria da cognição tem de ser procurada ao nível das relações entre os componentes do sistema e não na análise da constituição ou propriedades isoladas desses componentes, ii) a cognição é um produto emergente da interacção entre dinâmicas internas e morfológicas do agente e dinâmicas ambientais, iii) a cognição representa um nível abstracto entre biologia e físico.

A partir destas conclui-se que o nível de descrição da cognição tem de ser um que reflecta as propriedades dinâmicas do sistema transversais a vários níveis, e que seja capaz de descrever interacções múltiplas e não-lineares. É essa, com feito, a essência da teoria dinâmica. “Os sistemas dinâmicos são a actividade simultânea, mutuamente influenciadora de múltiplas partes ou aspectos (Van Gelder, 1995: 24).

Acrescentamos dizendo que o nível de descrição da cognição tem de ser o mesmo nível dos fenómenos cognitivos, isto é, uma terminologia transversal na medida da

superação da dualidade entre físico e mental. Nesta medida vimos como a linguagem dos sistemas dinâmicos oferece a possibilidade de um vocabulário conceptual comum aos processos cognitivos no cérebro, aos processos fisiológicos, e às dinâmicas externas.

Esta ideia é sugerida por Jean Petitot (1995: 235) que defende que ‘os sistemas naturais têm de ser estudados na sua naturalização por uma linguagem da física e não da lógica formal, como o resultado de processos naturais de auto-organização e auto-regulação’.

Assim, a próxima parte do trabalho procurará efectuar precisamente esta proposta, de descrever a cognição através de um vocabulário conceptual dinâmico. Ao mesmo tempo nos próximos capítulos tentarei mais directamente aprofundar certas discussões essenciais na história da ciência cognitiva, nomeadamente o problema do posicionamento do observador em relação a questões de explicação, a questão da representação, estabilidade, causalidade e identidade.

SEGUNDA PARTE
A NATUREZA DA COGNIÇÃO

CAPÍTULO 7

COGNIÇÃO COMO UM PLATAFORMA DE INTEGRAÇÃO TEMPORAL

7. Noção da Cognição como Plano de Integração. Cognição e Corpo. Propriedades dinâmicas do corpo. Plataforma de Integração Temporal.

7.1 Noção de Plano de Integração

Gostava de começar por introduzir a noção de cognição como um *plano de integração temporal*, que emerge no processo de interacção de uma materialidade complexa com um meio.

Com a ideia de plano quero situar-nos no nível da acção cognitiva, que se caracteriza por ser um nível abstracto: a ideia de integração pretende reflectir a natureza relacional da actividade cognitiva (actividade de integração). A ideia de emergência quer propor a concepção da cognição como uma plataforma que emerge, evolve e se complica no processo de interacção entre corpo e meio (emergente *com* um corpo²⁸ num processo), diferente de uma natureza predefinida ou estática. Finalmente, os fenómenos cognitivos são intrinsecamente abstractos como o ‘lugar’ que permeia comportamento e biologia (um plano).²⁹

²⁸ Leia-se propositadamente com um corpo e de um corpo. Esta subtilidade de palavras acaba por ser bastante importante nas ideias que são aqui defendidas. Repare-se que o uso do termo ‘com’ sugere uma relação de co-especificação ou co-evolução no processo de emergência. Não se trata simplesmente do mental que emerge de uma materialidade que já existe, mas uma ideia diferente de co-emergência.

²⁹ Os fenómenos cognitivos podem ser inferidos a partir do comportamento e em parte podem ser estudados do ponto de vista das zonas neuronais que intervêm em determinado tarefa cognitiva, mas não podem ser observados directamente. O nível cognitivo é um nível abstracto que se situa na ponte entre o comportamento e a biologia. No domínio das neurociências, consultar Frith (2001), para uma grelha de leitura da interacção dos níveis cognitivo, biológico e comportamental das perturbações do desenvolvimento

Como se viu no capítulo anterior, a proposta aqui apresentada propõe a exploração de princípios abstractos que transcendem níveis de descrição, ou enquadramentos disciplinares. Com efeito e como desenvolverei em seguida, a consideração do sistema cognitivo como um sistema com um nível elevado de dimensionalidade e um número infinito de combinações entre subsistemas (plano de integração) conduz também à recusa de uma descrição sedimentada em dualidades (como exemplo: micro vs macro, biologia vs neurologia, interior vs exterior, superior vs inferior, etc...), ou ao estudo dos elementos isolados. Em suma, a presente proposta recai antes num nível de análise abstracto que, em detrimento de uma atenção excessiva ao objecto, se debruça sobre um estudo de padrões ou de relações. “Quando falamos em padrão, dá-mos um passo atrás em relação às coisas elas próprias e concentramo-nos nas relações entre coisas (Kelso, 3: 1999).

Deste modo, feita esta proposta – cognição como plano emergente da interacção entre corpo e mundo –, e derivando a ideia de que cognição e corpo partilham contingências entre si, elege-se o corpo como o nosso primeiro lugar de estudo. A escolha deste ponto de partida justifica-se também pela concepção do corpo como sítio de cruzamentos entre dinâmicas internas e externas e pela atenção parca e tardia que o estudo da biologia do corpo teve, como vimos, nas teorias da cognição.

Antes de prosseguir, ressalva-se aqui que esta posição se demarca profundamente da ideia de redutibilidade e explicabilidade dos fenómenos cognitivos pela biologia ou física, ou os seus constituintes mais simples. Que o estudo da biologia do corpo não seja motivo de uma crítica de reducionismo. Pelo completo oposto, o que se expressa aqui é a vontade de exploração de uma linguagem de análise transversal que encontre harmonia entre níveis. A este respeito Kelso diz que se fosse este caso tratar-se-ia então de um reducionismo sim, mas a princípios abstractos³⁰ (Kelso, 1999).

³⁰ Nas palavras de Kelso (1992:2):

“A minha proposta não é de me confinar às propriedades da matéria ela própria, nem de inferir leis estritamente a partir delas. Na teoria que vou propor nenhum nível de análise tem prioridade sobre nenhum outro. A compreensão vai ser procurada em termos de variáveis essenciais que caracterizam os padrões do comportamento independentemente de quais são os elementos envolvidos na produção dos padrões ou a que nível estes padrões são estudados ou observados. A compreensão virá ao empreender

Deste modo, esta proposta segue congruente com a ideia enunciada de que a cognição resulta da interacção complexa entre forças e que o seu produto não é redutível à análise de nenhum componente em isolamento. Por isso, parte-se do estudo da complexidade das características físicas para derivar propriedades abstractas que de alguma forma reflectam a natureza dinâmica dos processos cognitivos que é aqui defendida.

Assim, sustenta-se que a cognição como plataforma de integração é uma organização emergente de uma materialidade específica e essa materialidade específica caracteriza-se por capacidades plásticas de reconfigurabilidade (adaptação) e uma medida elevada de interconectividade (coisas em relação).

Em perspectiva, este capítulo pretende explanar a cognição como: i) emergente do processo de interacção de uma materialidade específica com um meio e ii) como plano de integração de dinâmicas internas (estados preferidos do sistema e disposições, experiências anteriores e expectativas) e dinâmicas externas (ambiente).

7.2- COGNIÇÃO E CORPO

7.2.1- Breve apontamento histórico sobre a relação de estudo entre o físico e o mental

O entendimento da matéria como o que pertence à ordem do inerte e do estático, contrasta classicamente com a ideia segundo a qual o mental pertence à ordem da instabilidade e dinâmica e que com isso exerce o seu domínio sobre o mental. Na filosofia, a formulação de Descartes “Cogito ergo sum” e principalmente o seu trabalho “Meditações de Filosofia Primeira” (1641) abriu uma divisão exploratória entre corpo e mente, segundo a qual um sujeito fundamentalmente ‘interno’ se relaciona com um mundo de objectos ‘externo’ via alguma interface (Wheeler, 1996:

uma estratégia para investigar sistemas complexos como os seres humanos, e o reducionismo será em relação a princípios (ou aquilo que chamo de mecanismos genéricos), que se aplicam ao longo/nos diferentes níveis de investigação.” (Kelso, 1992:2).

213). Este dualismo cartesiano resulta na ideia de que a mente e o corpo são basicamente substâncias distintas e independentes uma da outra. Esta interpretação representacionalista da cognição está na base da ciência cognitiva mais ortodoxa segundo a qual i) estados internos e processos internos são a essência da mente, ii) o cérebro é o locus da mente e iii) percepção, acção e pensamento têm de ser teoricamente separáveis sendo que o corpo é simplesmente um meio de transporte, entregando e coleccionado informação sensório-motora (Wheeler, 1996: 214).

Como se viu na primeira secção deste trabalho, a ideia cartesiana de que mente e corpo são independentes dominou grande parte das investidas sobre a natureza do mental e perpetuou-se pela visão simbólico-computacionalista até cerca dos anos 70, altura em que as falhas de uma concepção computacionalista começaram a ser questionadas por propostas situadas filiadas nas teorias da autopoiesis e da enacção, como foi desenvolvido nos capítulos 3 e 4, da primeira parte do presente trabalho.

Para isso muito contribuiu a consideração da importância da morfologia do corpo, um corpo enquanto mecanismo articulado actuante num mundo. Nas últimas décadas vários estudos³¹ se debruçaram sobre a interacção das propriedades físicas de um agente cognitivo com o ambiente sob o mote de que ‘...o pensamento forma-se a partir da acção e a actividade é o motor da mudança’ (Thelen, 1995:69).

Um exemplo de um estudo na psicologia do desenvolvimento de Thelen and Smith (1994) é claro na demonstração da importância das propriedades morfológicas do corpo. Neste estudo pretendia-se explorar o desenvolvimento nos bebés da capacidade de alcançar um objecto. Tellen e Smith examinaram 4 bebés desde o período de 3 semanas até ao 1 ano de idade. Conclui-se que os 4 bebés encontraram problemas diferentes de acordo com o nível de energia individual, massa corporal e as estratégias que foram tentadas inicialmente para alcançar o objecto. Seguindo este ponto de vista, a cognição depende de todos os tipos de experiência advindos do facto de se ter um corpo, com determinadas especificidades motoras e perceptuais.

Mesmo quando na era da informação e da computação o estudo do cérebro foi valorizado, este só o foi na medida de uma estrutura de informação ou médium físico.

³¹ Cf. na psicologia, Thelen & Smith, na robótica evolutiva, (Harvey et al., 1997) e (Pfeifer & Sheier, 2002).

Antes disto, na psicologia do sec. XIX, o próprio estudo da actividade mental estava restrito à observação de comportamento observável (Watson, 1913). Claro, que o estudo de um nível abstracto é um marco importante, contudo o cérebro enquanto materialidade complexa biológica continuou a ser marginalizado (não interessavam as propriedades físicas do objecto, mas a sua estrutura computacional ou informacional). A ideia de que conhecer a mente pouco ou nada tinha que ver com a compreensão do funcionamento do cérebro afastou as arquitecturas cognitivistas demasiado das raízes biológicas.

Progressivamente a própria concepção da actividade mental sofreu alterações. A entrada do corpo e do mundo em cena introduziram novas e diferentes questões e a descrição da actividade cognitiva tende a ser uma que entende o sistema cognitivo como um sistema em actividade contínua, fruto de crescentes adaptações e aprendizagem, em que padrões de acção se formam na dinâmica biológica de um corpo em interacção com um mundo e emergem sem a necessidade de um centro de controlo programador da ordem.

Porém, e como diz Andy Clark: “É claro que devemos ver o cérebro como um sistema complexo cujas propriedades adaptativas só emergem se postas em relação com estruturas e processos corporais e ambientais. Contudo, para compreender totalmente estes processos temos de compreender com detalhe as contribuições de sistemas neuronais específicos e as interacções complexas entre eles. A ênfase nas interacções organismo-ambiente não devem servir como mais uma desculpa para a ciência cognitiva evitar o confronto com o cérebro biológico’ (Clark, 1997, 2001:130).

Quando Andy Clark se refere a “mais uma desculpa para ignorar o cérebro biológico” está claramente a referir-se a uma tendência generalizada para marginalizar os conhecimentos da neurociência contemporânea sob a acusação de esta defender uma abordagem reducionista. Ora, parece-me que o crescente conhecimento dos mecanismos neurobiológicos não significa um triunfo dos modelos reducionistas da

mente. Pelo contrário, as tendências recentes nas neurociências sublinham ou partilham a significância do contexto social e dos diferentes níveis de análise.

Assim pode concluir-se que contemporaneamente cognição deixa de ser entendida como a manipulação de símbolos ou representações na “mente”, para passar a ser entendida mais como um conjunto de processos internos e externos interligados em redes complexas causais em tempo real.

7.2.2- Uma proposta transversal de análise

Falamos de estudos do corpo como morfologia ou informação, como objecto biológico e estudo neurológico. Propomos agora uma teoria da cognição que transponha a objectivação destes níveis de análise baseada na ideia de que: - *a cognição existe e emerge num corpo, o que significa que é produto emergente da interacção contínua do conjunto de especificidades desse corpo; morfologias físicas e dinâmicas internas com um mundo.*

Em face desta ideia propomos então uma abordagem teórica à natureza da cognição por uma metodologia transversal de análise e descrição temporal. Lembre-se brevemente que uma das grandes vantagens da teoria dos sistemas dinâmicos advém do facto de permitir uma descrição conceptual que une processos cognitivos com processos biológicos evitando a sua compartimentação em níveis distintos de análise.

7.2.3 A Cognição como produto emergente: vantagens

O facto de se dizer que a cognição é um produto emergente de um corpo, implica i) a negação da ideia de corpo como massa estática sob o domínio do mental e o consequente entendimento enquanto um conjunto de processos dotados de actividade auto-organizativa e dinâmica própria; ii) uma alternativa à ideia de cognição como um conjunto de estruturas predefinidas que implica uma explicação transcendental ou essencialismo iii) a eliminação da dualidade tradicional entre os níveis corpóreo e

mental pela afirmação de contingências comuns descritas por uma linguagem global (Thelen, 1995); iv) a elaboração de uma proposta que implica o estudo do físico, mas recusa o reducionismo, pelo que não assume que o nível físico de explicação é o nível certo e suficiente – o estudo da mente é contínuo com a investigação nas ciências naturais, mas na medida em que o nível de descrição das ciências físicas é só mais um nível de leitura entre outros.

7.2.4 - *Da relação entre corpo e cognição*

Perante isto deve clarificar-se qual a natureza da relação entre corpo e cognição. Quando se diz que a cognição emerge num corpo pela sua interacção com um meio, quer dotar-se o corpo de uma complexidade específica, mas também reforçar a ideia de que a emergência acontece num processo. A cognição não é redutível às propriedades do corpo, mas é produto emergente de um estado de relações entre dinâmicas. A este propósito, alguns psicólogos do desenvolvimento chegam mesmo a considerar a complexidade cognitiva como parte do curso natural de complexificação da matéria (Thelen e Smith, 1994). Assim, a relação entre corpo e cognição não é uma de identidade – corpo e cognição não são a mesma coisa, nem tão pouco são coisas diferentes e independentes – uma concepção dualista em que o mental emerge a partir de uma materialidade que o antecede –, mas de interdependência e especificação conjunta.

O entendimento da cognição como uma plataforma de integração permite aliás pensar na cognição como uma espécie de *organização flutuante* em contínua transformação alimentada pelo jogo de dinâmicas que a constituem. Pense-se então na cognição como a formação de um padrão temporal resultante da interacção entre dinâmicas que ganha expressão progressiva num espaço abstracto.

7.3 - PROPRIEDADES DINAMICAS DO CORPO

Plasticidade, interconectividade relacional, auto-organização e emergência são traços da biologia do nosso corpo que expressam uma dinâmica de processo, um movimento dinâmico de transformação e contínuo tornar-se com. São processos relativos à mudança e não ao estado. Diremos mais à frente que *a cognição é ela própria um processo ontogenético*, desdobra-se no tempo e é ela mesma determinada pela própria história do seu desenvolvimento.

7.3.1 - PLASTICIDADE

. CÉREBRO OBJECTO DE PLÁSTICO

O corpo é um objecto plástico. Por plasticidade entende-se na neurociência a capacidade do sistema nervoso se modificar face a contingências exteriores e face a alterações no próprio meio interno (Thomas, 2003). Lembre-se que o abalo que a ideia do cérebro como um centro superior de controlo regido por regras e símbolos sofreu esteve relacionado com esta noção de plasticidade. Quando os sistemas artificiais construídos segundo a lógica computacionalista começaram a demonstrar dois problemas centrais – a incapacidade de lidar com a novidade e imprevisibilidade e incapacidade de demonstrar como é que um sistema evolui e se adapta a novos comportamentos – foi claro que a estes sistemas faltava uma característica essencial da cognição natural – a sua plasticidade. Foram os modelos conexionistas, com o desenvolvimento de redes neuronais artificiais semelhantes às redes neuronais naturais que começaram uma experimentação baseada na noção de cognição distribuída. À semelhança das as redes neuronais naturais, as redes conexionistas modificam-se pela mudança dos pesos nas suas conexões.

Quando se diz que as redes conexionistas têm uma ruína graciosa, está-se precisamente a referir à capacidade do sistema se reajustar face às perturbações, o que faz com que a perturbação não cause necessariamente a morte ao sistema – o sistema tem propriedades de plasticidade.

Por sua vez, o debate acerca dos limites da plasticidade do cérebro biológico é um tema contemporâneo na neurociência³². Actualmente na neurociência é evidente o surgimento de um movimento orientado para o estudo dos mecanismos de mudança que subjazem a passagem de um estágio para o outro no desenvolvimento, em oposição ao método de estudo feito pela identificação destes períodos de mudança. No extremo oposto estão posições associadas à ideia segundo a qual o desenvolvimento é a actualização de um programa inato pré-especificado. Segundo esta proposta a plasticidade é limitada: existem períodos críticos no desenvolvimento humano em que as estruturas cognitivas se formam e após a sua formação a flexibilidade é limitada. Por outras palavras, a evolução cumpre o que está predeterminado.

A controvérsia gerada em torno desta discussão tem implicações conceptuais na ciência da psicologia do desenvolvimento em questões fundacionais como continuidade vs descontinuidade, estabilidade vs instabilidade, constância vs mudança e natureza vs genes. Neste trabalho adopta-se uma posição segundo a qual o cérebro é uma estrutura eminentemente plástica, em que as estruturas funcionais específicas se formam pela interacção do agente com o ambiente.

Neste sentido, em 1970, Gotlieb, um psicólogo do desenvolvimento, introduz a ideia de *epigénese* como a emergência de novas estruturas e funções no decurso do desenvolvimento. Esta noção de epigénese pode ser designada de *epigénese probabilística* – relação bidireccional recíproca entre genes, estrutura e função – ou de um modo oposto epigénese *predeterminada* – caminho causal unidireccional dos genes à maturação estrutural da actividade funcional.

Pois bem, neste projecto quando se afirma a natureza plástica do sistema cognitivo está-se a defender na ciência cognitiva a ideia de epigénese probabilística, juntamente com uma concepção relacional e integrativa do desenvolvimento. Mais recentemente Gotlieb reformulou a noção de epigénese e incluiu uma elaboração mais detalhada da natureza dos processos emergentes. Nas suas palavras: “o desenvolvimento individual

³² Ilustrativo desta tendência é a proposta de substituição da palavra “défice” ou “lesão” por “está a desenvolver-se típica ou atípicamente”. Alguns grupos de investigação adoptam agora a designação de “neurodevelopmental neuroscience” para realçar a importância da plasticidade e da mudança no estudo das funções cognitivas.

caracteriza-se por um aumento da complexidade da organização – a emergência de novas propriedades estruturais e funcionais a todos os níveis de análise – como uma consequência de coacções verticais e horizontais entre as suas partes, incluindo as coacções organismo-ambiente’ (Gotlieb, 2002: 37).

Para falar da natureza plástica da cognição é-me também indispensável o conceito de ‘soft assembly’ (Clark, 2001). Andy Clark elabora o conceito de ‘soft assembly’ a partir da analogia da locomoção humana em oposição à acção de um braço robot regido por um programa clássico. Enquanto que a acção deste último depende da definição dos parâmetros dos componentes com quem vai interagir (peso, tamanho, etc...) o andar humano é “soft assembled”, no sentido em que se adapta flexivelmente e espontaneamente ao espaço em que vai agir.

Esta adaptabilidade e flexibilidade devem-se ao facto de um sistema cognitivo ser uma composição de subsistemas em interacção e ao facto destes subsistemas se reorganizarem entre eles com grande facilidade.

O conceito de *soft-assembly* permite-nos compreender a natureza da reconfigurabilidade dinâmica de um sistema. Se entendido como uma série de sistemas e subsistemas todos interconectados e interdependentes, uma mudança num deles (o atingir de um limiar) não implica necessariamente um mesmo grau de mudança nos outros. Para além disso não se pode entender esta ideia de subsistemas como uma composição estável ou estática.

As ligações entre sistemas são sempre dinâmicas ao ponto de se poderem reconfigurar ou incluir novos sistemas. Isto é a expressão de uma perspectiva multifactorial não centralizada que acentua as capacidades de reconfiguração do sistema.

7.3.2- INTERCONECTIVIDADE RELACIONAL

“Tudo está simultaneamente a influenciar tudo”.

Van Gelder e Port, 1995:23.

A não linearidade e o dinamismo que caracterizam o sistema cognitivo natural devem-se em parte à interconectividade biológica que os caracteriza. O sistema nervoso é uma estrutura complexa, composta por uma malha neuronal densa e intrincada onde predominam interconexões múltiplas com ligações mútuas de feedback entre os diferentes elementos, componentes, ou partes que desta forma interagem continuamente entre si.

No sistema nervoso, as partes do sistema ou componentes estão continuamente a reagir entre si por relações de retroacção. O fluxo de informação é paralelo e disperso, sendo que num mesmo tempo, múltiplas conexões podem estar activas e o fluxo de informação pode dar-se em várias direcções em tempo contínuo. As redes neuronais naturais são redes dinâmicas e não-lineares, continuous fluctuating organs, não estáticas nem deterministas (Kelso 1995).

Em contraste numa programação simbólica clássica, o processamento de informação dependeria de componentes estáticos de hardware, algoritmos validos, sequencialidade de input, transformação e processos de output.

Pode falar-se de conectividade entre dinâmicas internas ou zonas topológicas do cérebro – interconectividade topológica³³, e de conectividade entre dinâmicas internas e mundo, isto é, a abertura do agente ao meio através dos feixes nervosos que atravessam o corpo para nos ligar ao mundo através de um tipo de processamento designado de topo-base e base-topo.

³³ A ligação entre as diferentes partes do cérebro designada de conectividade topológica dá-se por um processo designado de reentrância do circuito. Isto conforma uma concepção dinâmica, não linear das áreas cerebrais. O sistema nervoso pode ser pensado como um compósito de muitos sistemas a interagir (cf. Edelman, 2000).

A qualidade desta configuração (elevado grau de interconectividade) é o feito de constantemente imbricar e relacionar partes. Fala-se portanto de eventos pois estes não só se dão de uma forma isolada, mas acontecem sempre numa interrelação entre sistemas e são sempre despoletadores de actividade paralela e dispersa. Naturalmente que esta configuração é tanto mais complexa³⁴ e dinâmica, quanto maior o grau de interconectividade entre as várias zonas topológicas do cérebro. Ainda dito de outra maneira, o sistema é tanto mais complexo quanto maior o número de graus de liberdade, ou na terminologia dinâmica, maior número de parâmetros.

Naturalmente que qualquer descrição da actividade cognitiva natural que parta do principio que o mental não é independente de um corpo e que tente estudar as suas propriedades específicas tem de dar conta de interacções múltiplas simultâneas. Da mesma forma, de um ponto de vista metodológico as mesmas razões implicam uma proposta explicativa acentrada, multidimensional e multi-causal do fenómeno da cognição natural.

Isto é, descentrada porque não estão em causa especificações localizadas de comandos ou regras, mas padrões de fluxo de informação dispersos. Multidimensional porque as várias dimensões não estão encapsuladas em si próprias, mas estão conectadas umas com as outras, e conseqüentemente não existe actividade numa dimensão em isolamento da outra. Multi-causal, porque neste sentido um evento nunca é só o resultado de especificações isoladas, mas por sua vez resulta da interacção do conjunto de dimensões relacionadas.

Na secção seguinte foca-se a atenção na especificidade dos processos relacionais entre dinâmicas internas e externas.

³⁴ Etimologicamente, a palavra complexidade deriva do latim *complectere*, *complexus* que significa cruzar ou entrelaçar. Complexidade forma-se então por entrecruzar e dobrar juntas diversas partes ou componentes.

. Processamento bidireccional base-topo/ topo-base

Na neurociência faz-se a distinção entre um topo e uma base, respectivamente, as regiões frontais do cérebro, como o córtex pré-frontal, e os componentes que fazem a ligação aos órgãos sensoriais e transportam a informação até ao cérebro ³⁵. Estes últimos ligam o corpo biológico ao mundo. Esta abertura ao mundo, encontra uma designação curiosa na terminologia de Andy Clark que pretende precisamente enfatizar a ideia de uma cognição situada. É designada de “leaky mind” – uma mente que extravasa (Clark, 2001:53).

Topo e base estão ligados entre si tanto por vias de feedforward – a circulação ascendente da base para o topo – como por vias de feedback – a circulação descendente do topo para a base. Deste modo a relação entre topo e base não é uma relação unidireccional, onde predomina um só tipo de relação. Isso seria a redução da não linearidade e complexidade do sistema natural a um tipo de sistema de processamento sequencial percepção-computação-acção, em que predominam ligações de um só tipo. Ora, a relação entre topo e base no sistema biológico é a de uma interacção complexa entre as duas fontes de informação, em que tanta a informação de entrada influencia a informação de saída, como a informação de saída influencia a modelação da informação de entrada. A ideia principal é a de que a informação de saída do próprio sistema pode retornar ao sistema como informação de entrada e, por sua vez, modificar o processamento da informação seguinte.

Ora, é precisamente isto que conforma um sistema com capacidade de retroacção e é esta uma das características mais importante do sistema nervoso. Como se viu anteriormente, o conceito de retroacção remonta á cibernética, tendo sido consequentemente explorado pela modelação das redes neuronais artificiais numa aproximação às redes naturais neuronais. Lembre-se como a substituição dos modelos clássicos pela modelação com princípios conexionistas se deveu ao facto de redes conexionistas com capacidades de retroacção permitirem melhor adaptabilidade e aprendizagem face ao meio.

³⁵ Em neuroanatomia : consistentemente a actividade topo-base tem sido associada a zonas pré-frontais no cérebro (Deiber, e tal., 1991, Frith, Friston, Liddle, & Frackowiak, 1991).

Um conceito relacionado com a ideia de retroacção do sistema cognitivo natural é aquilo a que Andy Clark designa de ‘continuous reciprocal causation’ (CRC) ou causação contínua recíproca. CRC descreve processos que se dão num tipo específico de organização causal complexa que “ocorre quando determinado sistema S continuamente afecta e é simultaneamente afectado pela actividade de um outro sistema”. Andy Clark estende esta ideia de complexidade causal que se pode encontrar internamente no cérebro a processos de CRC que atravessam cérebro, corpo e ambiente. “Pensemos numa bailarina, cuja orientação corporal está constantemente a afectar e a ser afectada pelos seus estados neuronais, e cujos movimentos também estão a influenciar os do seu parceiro, a quem está continuamente a responder! (Clark, 1998b:2)”

Evidência na neurociência

A investigação em neurociência nas áreas da percepção e da atenção sugerem que na interacção entre informação da base (local) com informação do topo (global), a informação do topo funciona como uma espécie de filtro que, de uma forma simples, modela a informação de entrada de acordo com expectativas e experiência prévia. O topo está assim associado com o conhecimento prévio e a base com o conhecimento das trocas sensoriais (cf. Roepstorff, & Frith, 2004). O que isto quer dizer é que ao longo do historial de evolução de um agente este acumula determinado conhecimento, fruto da experiência que, por sua vez, vai agir como filtro na recepção de estímulos presentes. Da mesma forma, estes ‘filtros de informação’ trabalham para evitar sobre-estimulação de informação³⁶. O conhecimento prévio das coisas, ganho pela experiência que é armazenada, participa na modelação de informação de entrada

³⁶ Uma das teorias correntes quanto à natureza do défice no autismo é a ideia segundo a qual as pessoas com autismo se caracterizam por ter um modo de processamento de informação diferente das outras pessoas. Segundo esta ideia o padrão perceptivo das pessoas com autismo, como atenção ao pormenor, dificuldades em perceber uma imagem global, hiper ou hipo-sensibilidade seriam resultado de um processamento deficitário do topo onde se dá a integração e modelação da informação. Caso as capacidades de integração da informação estivessem afectadas esperar-se-ia que todos os estímulos fossem processados como continuamente novos, isto é, independentemente das expectativas e história prévia de actividade.

(Ramachandran, 1994)³⁷. A ideia de modelação da informação sugere assim a integração contínua da informação num historial de experiência prévia.

A Formação de Contingências

Na filosofia, a análise da relação de interconectividade entre local e global remete para o conceito de contingência. Juarerro define contingências como: ‘propriedades relacionais que as partes adquirem por virtude de estarem unificadas num todo’ (2001:133).

As contingências globais, ou direcção topo-base são designadas de contingências de segunda ordem e emergem no momento em que o sistema se auto-organiza, querendo com isto dizer, no momento em que as propriedades locais do sistema se tornam interdependentes pela sua acção. Por outras palavras, quando os componentes do sistema se tornam dependentes de um contexto. As contingências locais são por sua vez designadas de contingências de primeira ordem e as suas interacções são influenciadas pelas contingências de segunda ordem, ou pelo sistema como um todo.

A relação entre contingências de primeira e segunda ordem é uma relação não-linear, isto é sem efeitos previsíveis ou redutíveis a cada uma das escalas de análise isoladas.

Eis então que como resultado de se entenderem os sistemas cognitivos naturais como auto-organizativos e não-lineares, a cognição natural não pode ser entendida via processos isolados, nem princípios de redução, pois a sua verdadeira natureza reside num nível superior, no nível relacional ou das suas relações.

Assim, uma característica muito importante dos sistemas cognitivos naturais é de haver uma selectividade parcial no momento de recepção dos próprios estímulos. Por isso, as contingências de segunda ordem são de certa forma selectivas e representam a redução de graus de liberdade do sistema ou a variabilidade comportamental. Como se viu

³⁷ Uma experiência clássica é a designada de percepção de imagens pobres ou distorcidas. Estas imagens são difíceis de identificar no primeiro pedido de observação, mas se com as mesmas imagens pobres ou distorcidas a pessoa vir primeiro a imagem original e depois a imagem distorcida, o objecto é desta vez percebido á semelhança do modelo observado primeiro, devido ao facto de já ter visto a imagem definida. Se retomarmos o exemplo da percepção de imagens empobrecidas, vemos quando a imagem definida foi mostrada previamente a imagem distorcida mostrada a seguir é percebida com clareza, porque o sistema tinha informação prévia sobre este mesmo estímulo. Desta forma, informação repetida é processada de acordo com informação anterior.

anteriormente o momento de recepção da informação perceptiva é também o momento da sua modelação ou integração com expectativas, experiência prévia e objectivos em causa. Ora, as contingências de 1ª ordem, são potenciadoras pois afinal são elas que aumentam a fase de estados do sistema, ou o número de graus e liberdade das suas acções, isto é o aumento de complexidade, porque fornecem ao sistema um potencial novo de informação a que a macro estrutura emergente pode aceder.

É assim, pelo facto da actividade relacional contínua do sistema – interdependência entre todos os componentes – que o sistema encontra a forma de exercer a preservação da sua coesão e identidade. Com efeito o enfraquecimento das contingências topo base seria um motivo de perigo para a integridade do sistema. Elucidativo a este respeito é a designação de Juarrerro das contingências de 2ª ordem como os *governadores virtuais do sistema*.

Contudo, da mesma forma com que as contingências de segunda ordem são restritivas, são também a origem de novidade no sistema. Repare-se que a actividade interrelacional contínua do sistema não é senão o estabelecimento de novas relações e com elas, a conquista de propriedades novas, ou se quisermos, nova formação de contingências. Por virtude desta actividade contínua o sistema vai incorporando estrutura. Elaboremos melhor então esta ideia de estrutura. Pode dizer-se que um sistema se caracteriza por um conjunto de dinâmicas que formam a sua estrutura interna e externa. Segundo Juarrerro a estrutura interna diz respeito às dinâmicas internas do sistema – o conjunto de componentes e relações entre os componentes específicos do sistema e a estrutura externa, ou condições de fronteira diz respeito ao entrecruzamento destas dinâmicas com o meio – o conjunto de todas as coisas [não os componentes do sistema] que agem ou são agidos pelos componentes do sistema (Juarrerro, 2001: 110).

Por meio de contingências contextuais de 2ª ordem estabelecidas por interacção persistente com o ambiente, o sistema importa o ambiente no seu contexto, ou tornando-o parte da sua estrutura. As contingências contextuais impõem assim probabilidades condicionais às coisas com que se relacionam – isto é, a relação implica

que a probabilidade de uma coisa acontecer depende de uma outra, e neste momento em que se estabelece a interdependência de uma coisa com uma coisa que faz parte do sistema, então essa coisa passa a fazer parte do sistema também, no caso da interação com o ambiente, essa coisa passa a fazer parte da estrutura externa do sistema, ou condições de fronteira. Progressivamente na história de vida do sistema ele vai então aumentando a sua estrutura externa, e é o conjunto da estrutura externa e interna particulares do sistema que reflectem as suas dinâmicas e lhe conferem a sua identidade.

Assim, com a sua abertura ao meio e a sua propensão para a novidade estrutural, o sistema natural é essencialmente protector da sua identidade e agente de criação ao mesmo tempo. De facto, a emergência de formas novas resulta da virtude do sistema ser auto-organizativo, e da presença de uma causalidade de tipo circular e não – linear que caracteriza a relação entre as suas partes.

7.3.3- Auto-organização e Emergência

Sugeriu-se um entendimento duplo das contingências, enquanto redutoras da gama do comportamento, e enquanto criadoras de uma nova gama de possibilidades. Como explica Juarrero (2002: 138) “Ao correlacionar e coordenar partes num todo complexo que anteriormente eram apenas agregadas, as contingências contextuais aumentam a variedades de estados a que o sistema como um todo pode aceder”.

Assim, o que faz um sistema progressivamente mais complexo é o facto dos componentes se interrelacionarem sistematicamente de formas novas. Deste modo um sistema auto-organizativo desenvolve-se no sentido de uma complexidade e diferenciação progressivas. A medida da complexidade não é uma medida aditiva (soma dos componentes em interacção), mas uma medida de organização e ordem (medida das relações entre componentes). É pois quando partículas ou processos não

relacionados se correlacionam e inter-conectam diferenciadamente – numa ainda mais diferenciada hierarquia complexa – que o sistema *emerge*.

Viu-se como os agentes cognitivos naturais exibem níveis elevados de complexidade sem qualquer necessidade por um centro de controlo que emite ordens. Do mesmo modo, parte da formação de estruturas complexas é derivado por um processo de auto-organização e emergência, sendo que nos sistemas naturais estrutura se pode formar espontaneamente sem um plano específico.

Em suma, a ideia básica de emergência – aparecer ou tornar-se visível, é que os sistemas se tornam cada vez mais complexos, exibindo propriedades novas que não são nem previsíveis, ou explicáveis na base de leis que governam o comportamento das partes do sistema. Como explica Oyama em ‘The Ontogeny of Information’ (1995): nos sistemas biológicos, padrão e ordem podem emergir do processo de interacção sem a necessidade de instruções explícitas’³⁸.

O interesse mais imediato do fenómeno da emergência para o estudo da cognição é a concepção de causalidade nos sistemas dinâmicos não lineares – as propriedades não podem ser inferidas a partir da soma das partes de um estado prévio – e podem formar-se de uma forma imprevisível e irreduzível sem necessidade de explicação explícita.

Importa no entanto clarificar que enquanto a ideia de que “estrutura se pode formar sem um plano específico levanta a possibilidade de que muitas estruturas nos corpos físicos assim como na cognição possam ocorrer sem a oposição de forças externas ” (Van Gelder e Port, 1995: 27), em certa medida um dos problemas de afirmar a importância da emergência é involuntariamente enfraquecer o papel das contingências ambientais. À parte dessa discussão ressalva-se aqui que a emergência não é só uma

³⁸ Oyama também argumenta que a propensão em pensar em termos de dicotomias em relação á questão do desenvolvimento natureza/genes é uma propensão que resulta da necessidade dos cientistas pensarem em termos dicotómicos. Para além disso, diz que as correntes actuais de pensamento sobre o desenvolvimento estão mais impregnadas por tradições culturais do que pensamos. Isto é, tanto a religião como a ciência procuram uma fonte de instruções pré-especificadas (informação) fora do processo de desenvolvimento ele próprio. Enquanto a religião atribui a emergência de estrutura ou forma a um criador externo, a ciência propõe agora que essa tal fonte de instruções pré-especificadas se encontra no gene.

qualidade intrínseca da vida biológica/natural, mas também é o resultado de forças externas.

Viu-se por exemplo como na teoria da Autopoiesis o meio ambiente é tratado como depositário de estímulos sensoriais. E viu-se também como em oposição, a abordagem da Enacção releva o papel das dinâmicas ambientais nos processos cognitivos: ‘ o pensamento cresce da acção e a actividade é o motor da mudança’ " (Thelen e Smith, 1995: 69).

A emergência dá-se num encontro entre dinâmicas. Por isso se introduz aqui a ideia de que a cognição é um produto emergente da interacção entre uma materialidade específica e um mundo, num historial de transformação\mudança. Este produto complexo não é redutível às propriedades nem às relações dos constituintes do sistema sozinho e encapsulado, mas a uma interacção intra e inter níveis, em muitas escalas temporais e múltiplas dimensões em tempo contínuo.

Consequentemente esta ideia leva ao desenvolvimento da noção de *emergência transversal*. A noção aqui introduzida de emergência transversal pretende relevar a ideia de que um sistema global não emerge a partir só da interacção entre componentes locais, mas também do confronto entre dinâmicas internas e externas, num diálogo contínuo entre níveis. As estruturas cognitivas emergem a partir de um sistema auto-organizativo e situado, sendo estes dois vectores igualmente essenciais.

Pois bem, a concepção da cognição como produto emergente permite (i) uma explicação da matéria que dispensa uma entidade explicativa, ora com um carácter transcendental, ora um carácter científico para dotar a matéria de capacidade de ordem ou novidade), (ii) a eliminação da ideia de que as leis da matéria são previsíveis. Por último, outra ideia que a noção de emergência permite questionar e que vem na linha de argumentação explorada na secção deste capítulo dedicada às contingências globais e locais é (iii) a ideia da causação descendente –, ou a determinação do comportamento do sistema do topo para a base, ou do centro para as partes – mostrando que a determinação não está completa, pois embora a emergência de propriedades novas se

dê ao nível do global, as propriedades globais são resultado da interacção das propriedades locais – causação ascendente ou do local para o global.

7.4 PLATAFORMA DE INTEGRAÇÃO TEMPORAL.

Com base nas ideias precedentes, chegamos portanto à ideia de cognição como organização que emerge a partir da interacção de uma matéria com propriedades específicas com uma situação. Cognição é assim indissociável de um corpo, de uma situação e de um tempo próprio de acontecimento. Uma noção de cognição que se aproximará de algo como um plano ou plataforma de integração de varias dimensões, interconectadas numa malha de estados possíveis.

Deste modo, a cognição quando entendida como uma plataforma de integração refere-se a um encontro entre forças que continuamente interagem entre si. Por isso obviamente que a concepção computacionalista e representacionalista da cognição me parece insuficiente pois parte de princípios estáveis e localizados. Ora, em oposição parece-nos que a noção de evento enquanto coisa a ser actualizada e integrada, fruto de ligações cruzadas entre coisas, será mais aproximada da natureza do acontecer cognitivo.

Estas forças podem ser entendidas como as possibilidades de estado do sistema ou, na teoria dos sistemas dinâmicos, o *espaço de estados possíveis*. Um espaço abstracto *multidimensional* (um sistema de relações) em que as probabilidades de actualização (de acontecimento) de um determinado estado do sistema dependem do conjunto de estados possíveis totais. Ao mesmo tempo este espaço-de-estados-possíveis é algo em permanente formação e transformação, permanentemente a ser redesenhado pela sua situação (por isso se diz que é uma plataforma de integração) e ao mesmo tempo algo que é profundamente capaz de actualizar diferentes estados permitidos. Dito de outra forma, as forças que interagem na definição de um sistema (estrutura interna e externa) criam um conjunto de possibilidades, ou estados possíveis que o sistema pode adoptar

e que correspondem às dimensões deste espaço. Por seu lado as diversas dimensões do espaço estão interligadas o que quer dizer que qualquer variação numa delas está a afectar todas as outras.

Ora é precisamente pelo facto do sistema cognitivo ser composto por varias dimensões, isto é, por vários sub-sistemas, que o sistema se consegue adaptar à novidade. Por outro lado, o mesmo explica uma parte das mudanças imprevistas no sistema. Ou seja, cada sistema (por exemplo, o sistema motor) é formado por um conjunto de vários sub-sistemas que definem as suas variáveis, com maior ou menor peso no seu espaço de estados. Uma mudança num dos sub-sistemas pode assim ser eficientemente relativizada num sistema mais global (no caso do sistema motor, por exemplo, uma alteração topográfica) sem que isto o afecte profundamente. Por outro lado, uma pequena mudança no mais ínfimo sub-sistema pode originar a superação de um limite a uma escala superior, desencadeando uma alteração no seu padrão de atractores (ver Fig. 2).

Consequentemente estes sistemas são denominados de probabilísticos em oposição a determinísticos causais. O que se identificam aqui é um leque de possibilidades. É de sublinhar que os mesmos processos ou acontecimentos no espaço de estados (padrões) geram actualizações múltiplas e diferentes.

O espaço da cognição encontra uma metáfora muito ilustrativa na metáfora abstracta e dinâmica de paisagem que continuamente sofre alterações devido a pressões internas e externas, usada na abordagem dinâmica (Fig. 3). Esta é uma paisagem de distâncias entre possibilidades, mas também uma paisagem irregular e de limites imprecisos, povoada por zonas de estabilidade e zonas de movimento. E também uma paisagem de eventos, de encontros ou acontecimentos. Relações entre forças, contínuas interacções, feedback entre dimensões. Enquanto *plano de integração* a sua temporalidade refere-se a este permanente actualizar da cognição, do seu espaço de estados possíveis. Um tempo do sempre a ser, não de uma predeterminação, mas de uma potencialidade ou de uma probabilidade se atentarmos ao discurso matemático.

Ora a natureza da cognição é melhor captada por uma imagem em *movimento*, do que por uma imagem estática. A imagem em movimento capta as trajetórias dos acontecimentos, e a cada momento permite observar a relação de um evento com o outro. É um modelo que dá destaque à mudança ao invés do estado. Assim a cognição é tida aqui como uma superfície de eventos e relações, uma superfície de possibilidades igualmente possíveis. Uma paisagem de disposições (tendências que os objectos manifestam em determinadas circunstâncias), que alterna entre padrões.

Convém sublinhar que o retrato dinâmico de paisagem incorpora também a interacção do sistema com o ambiente. Mas vejamos como se dá esta interacção com o ambiente. A primeira assumpção da abordagem dinâmica é a de que um organismo em desenvolvimento é um sistema complexo composto de múltiplos elementos individuais embebidos e abertos a um ambiente complexo. O sistema cognitivo natural não vive isolado do seu ambiente, mas troca continuamente matéria e energia com o mundo. Como já se viu anteriormente, os órgãos sensoriais têm uma capacidade limitada para extrair a informação disponível no meio ambiente natural. Daí se entende a necessidade dos sistemas biológicos desenvolverem formas de identificar e destacar as fontes de informação mais importantes para si no ambiente. Neste sentido há que acrescentar ao conjunto de variáveis internas que influenciam o curso do mesmo, as variáveis que têm origem no mundo. O sistema natural não repousa num equilíbrio estável, mas no que preferiríamos chamar de um equilíbrio semi-estável – o suficiente para dar uma ideia de equilíbrio e o suficiente para mudar coerentemente em relação a estímulos diferentes. “Neste sentido todos os sistemas vivos são instáveis, porque não estabilizam num estado de equilíbrio que os isola do seu meio. Os organismos interagem com ambiente em trocas de energia e matéria” (Norton, 1995).

Mas o que é esta informação a ser integrada? Convém sublinhar aqui o entendimento neste trabalho de que a informação não existe no ambiente, pronta para ser processada. O uso generalizado da palavra informação mina a possibilidade de considerar o ambiente como potencial, como indiferenciado de certa forma. Como já se afirmou, as

mudanças relevantes devem ser entendidas como sinais. Os sinais que vêm do exterior não são inputs codificados. São potencialmente ambíguos, dependentes do contexto (temporal, interno e externo) e não estão necessariamente adornados com a conotação da sua significação ou importância. Ou, como diz Oyama (1995) a informação é ontogenética, isto é, informação resulta da interacção entre agente e meio. Formulou-se a ideia de uma ontogenia da informação, em que a informação se transforma de sinal em significado através de um processo construtivo operado pelo agente em interacção com o meio. Neste sentido convém também lembrar os escritos de Maturana que na mesma linha já anteriormente tinha afirmado a necessidade de entender a informação (enquanto significação) sempre como uma construção perspectiva, isto é, a partir de um interior.

Ou seja, pode entender-se a plataforma de integração como criadora dinâmica de informação num historial de actividade. Comportamento e cognição e as suas mudanças durante a ontogenia, não estão representadas previamente em lado algum no sistema seja como estruturas ou como símbolos no cérebro ou códigos nos genes. Em vez disso, pensamento e comportamento estão associados como padrões dinâmicos que emergem das dinâmicas intrínsecas do sistema, ou os estados preferidos do sistema dada a sua arquitectura e história prévia de actividade. (Almeida e Costa, 2001). Assim, em termos dinâmicos pode conceber-se acções e vida mental como manifestações da auto-organização destes sub-sistemas contribuintes e a informação como uma construção intrínseca ao próprio sistema. Com efeito, o comportamento representará neste caso uma redução dos graus de liberdade nos vários subsistemas contribuintes resultando numa formação ao longo do tempo de um padrão específico. È finalmente este padrão específico que mais directamente se aproxima da noção de informação enquanto elemento (relativamente) estável e identificável.

Se nos situarmos concretamente na ideia de plataforma de integração percebe-se que não é possível formar tal ideia sem conceber que esta é já em si uma história de desenvolvimento – ela forma-se, não surge como produto acabado – isto é, tem a qualidade de se constituir como tal num desenrolar histórico. Como se viu

anteriormente é o facto da cognição ter mecanismos residuais de colecção de material relevante e de integração da totalidade desse material com material novo (capacidade de modelação e integração de informação de acordo com experiências anteriores, disposições e tarefa em causa) que permite que o sistema cognitivo natural seja um sistema com capacidade de aprendizagem, de criar e lidar com a novidade. Também como vimos, com o exemplo na modelação de redes neuronais artificiais (conexionismo) são estas características que dispensam o sistema de um programa de execução central.

Finalmente, é agora necessário sublinhar que embora sistemas dinâmicos sejam sistemas abertos que interagem com o ambiente, a sua dinâmica global renova e mantém a coesão e integração da sua organização através de activamente modular a entrada de materiais e energia.

Assim, devido a estar sempre a renovar a estrutura externa e interna propriedades novas surgem constantemente. Como cada um destes processos que definem um sistema dinámico (ou uma entidade dinâmica) requerem os outros, o sistema deve ser estudado como um todo, isto é como uma rede de processos sobrepostos e interrelacionados. Ora, tal estudo, a ser elaborado, requer que se acompanhe esta plataforma de integração ao longo do seu decorrer temporal. Ainda dentro de uma abordagem dinamicista necessitar-se-á para isso de focar toda uma outra série de conceitos que nos permitam entender as dinâmicas envolvidas no desenvolvimento histórico da cognição, e que designaremos na próxima secção por *dinâmicas históricas*.

CAPÍTULO 8

NATUREZA HISTÓRICA DA COGNIÇÃO

8. A história da cognição. Três conceitos dinâmicos: atractor, trajectória, bifurcação. Entre a estabilidade e a mudança: Padrão, Paisagem, Identidade. O processo – dinâmicas históricas: Observador, Processo de desenvolvimento, Escalas Temporais, Novidade Criadora.

8.1. A história da cognição ou o processo do tornar-se cognição

A noção de cognição como uma plataforma de integração temporal introduzida no capítulo anterior define a cognição como um plano abstracto de integração contínua de eventos, emergente com um corpo na interacção com um meio.

No trabalho ‘Mind as Motion’ editado por Van Gelder e Robert Port (1995), que reúne autores desde a filosofia à psicologia que aplicam a teoria dos sistemas dinâmicos ao estudo e descrição dos fenómenos cognitivos, os editores definem cognição como: ‘uma organização particular no espaço e no tempo que progressivamente ganha forma e suporta actividade inteligente com o mundo’ e continuam dizendo ‘o nosso trabalho é o de descobrir como é que tal estrutura se pode vir a tornar um estado estável no contexto do corpo e do ambiente’ (ibid.: 27). Com efeito, esta definição e desenvolvimento consequente sugerem que a teoria é capaz de esclarecer i) o tipo

particular de organização temporal e espacial da cognição, e ii) o modo de como se dá tal processo de ganhar forma (e como fica dessa forma).

Contudo, assim como para Andy Clark, mais importante que assegurar o estatuto temporal da cognição (a ideia de que a cognição é um processo cognitivo que tem lugar em tempo real e por isso deve ser tratado como um fenómeno temporal) ‘são um conjunto de considerações que dizem respeito ao tipo de rede causal em que vários estados e processos podem estar envolvidos continuamente’ (1998a:7).

Ora, em relação à afirmação de Van Gelder, creio que mais trabalho tem sido feito no âmbito da primeira – caracterização da organização temporal e espacial – do que da segunda questão – formação e desenvolvimento desta organização específica em causa. Isto poderá estar relacionado com a discordância em relação a uma abordagem computacionalista simbólica maioritária e dominante (em que cognição é modelada num tempo discreto) nos modelos de estudo da cognição com que modelos divergentes têm necessariamente de se debater. Foi também nesta linha de contra-argumentação que o capítulo precedente explorou a questão da natureza dinâmica dos processos cognitivos e especificamente a complexidade dos processos de interacção e integração contínua a acontecer, tanto na estrutura interna, como externa do sistema e de um modo transversal (plataforma de integração temporal). Pode-se então pensar o capítulo anterior como um eixo transversal de análise do fenómeno da cognição na sequência da primeira questão colocada.

Posto isto, parece-me que o passo seguinte se deve dar a um nível diferente – o nível do desenrolar histórico das dinâmicas envolvidas nos fenómenos cognitivos, ou da interacção destas dinâmicas no decorrer do historial de evolução do sistema. Trata-se como já ilustramos anteriormente de uma história de desenvolvimento complexa, não-linear, um jogo entre dinâmica e estabilidade.

Nesta secção adopta-se um eixo de análise longitudinal ou uma perspectiva histórico-temporal que pretende explorar o desenrolar do processo histórico da interacção entre dinâmicas. Tal eixo longitudinal é extremamente importante perante a argumentação

de que a cognição tem uma natureza histórica e por isso só desta forma se pode captar a sua natureza mais específica.

Esta ideia de uma natureza histórica pretende acentuar a concepção de cognição como formação dinâmica-histórica de padrões de acção, ou pensamento que num historial de desenvolvimento informam a identidade de um sistema que, por um lado, diferencia e garante a integridade do sistema face ao meio, e por outro, lhe garante a própria possibilidade de interacção com este meio.

Assim, se se retomar a metáfora dinâmica de paisagem introduzida no capítulo anterior, pode-se agora conceptualiza-la com dois níveis de temporalidade: i) transversal – o tempo do agora, dos seus eventos contínuos, do seu estar a ser e ii) longitudinal – o tempo do seu desenvolvimento, das suas formações profundas, da formação de padrões.

Em suma, propõe-se a partir daqui o entendimento da cognição como resultante do confronto contínuo entre forças num historial longo de evolução do sistema, sendo que sistema cognitivo, corpo e mundo evoluem em conjunto, acoplados entre si e continuamente numa relação de influência mútua.

Como consequência desta hipótese as idiosincrasias históricas do sistema e a matriz relacional histórica revelam-se cheias de interesse. Tem-se assim que dinâmicas históricas são dinâmicas que não podem ser explicadas só pelo estatuto temporal dinâmico da cognição, mas pela análise da histórica de evolução do sistema com um mundo. São dinâmicas que se geram ao longo da história da evolução do sistema e contribuem para um sentido de identidade ou formação de estabilidade. São resultantes, ou reflectem a forma do desenrolar da interacção entre agente e mundo desenhando uma cartografia de relações histórico-desenvolvimentais.

8.2- Três Conceitos dinâmicos

8.2.1 - Formação de estabilidades -*Atractores*

A exposição de um sistema cognitivo a um mundo carregado de dinâmicas ambientais implica que este sistema cognitivo consiga organizar-se neste todo fortuito de forma a obter dele o que lhe interessa e evitar o desmoronamento por efeitos de sobre-estimulação deste meio. De uma forma paradoxal, a relação com o meio tem de ser mantida e ao mesmo tempo limitada. Ao longo de um historial de desenvolvimento e evolução este mesmo processo relacional entre dinâmicas internas e externas, é o que na minha opinião vai tornar progressivamente o sistema cada vez mais robusto, residualmente guardando traços de experiências anteriores, coleccionando formas de acção e estados preferidos, que em confronto com a situação em que o sistema se encontra, resultam numa resposta integrada em continuidade com a história do próprio sistema, estado disposicional e situação em que está embebido.

Neste sentido, viu-se também como estudos de processamento de informação (topo-base, base-topo) mostram que o topo está relacionado com as formações prévias do agente e que a informação nova de entrada é processada e integrada de acordo com experiências anteriores e expectativas. De alguma forma é como se ao longo do desenvolvimento do agente e a sua interacção com o mundo ele fosse construindo um todo significativo pela colecção residual de experiências importantes e face a situações novas, essa paisagem residual prévia seria então determinante para a acção. Na neurociência contemporânea o sentido de agência é associado com o topo. “A ideia de alguma coisa que selecciona acções de acordo com a sua vontade é fundamental para o nosso conceito de agência. Se observarmos que as acções de uma criatura são inteiramente determinadas por forças ou sinais no ambiente, então não consideramos que essa criatura seja um agente. Por outro lado se observarmos comportamento que não é só responsivo às mudanças no ambiente classificamos a criatura como um agente” (Roepstorff, & Frith, 2004: 194).

Ora, após isto pode supor-se a ideia de que ao longo do processo histórico/desenvolvimento do agente cognitivo esta formação de resíduos pode ser entendida como a origem da formação, ou surgimento progressivo de certas tendências, que resultantes da interacção/acoplamento com o mundo, ao mesmo tempo o aproximam, e o afastam dele por um processo de diferenciação progressiva que coloca agente em face ao Mundo (cf.: o surgimento do Mundo ou intencionalidade em Varela, 1991.)

Na linguagem dinâmica, estas tendências referem-se à formação de padrões de acção, idiosincrasias do sistema. Esta ideia pode ser também explorada através do conceito de atractor. Segundo Van Gelder, *atractores* são “as regiões do espaço de estados de um sistema dinâmico para as quais a trajectória tende com a passagem do tempo” (Robert Port e Van Gelder, 1995: 573). Uma forma simples de entender o conceito de atractor é pensar em dois pêndulos distintos. Num pêndulo normal, o fluxo do sistema é continuamente atraído para um ponto de atracção central – *atractor* central – e após a interacção de uma variedade de factores (a fricção do ar, o comprimento do fio) ele acaba eventualmente por estabilizar nesse mesmo ponto (ver Fig.4), em oposição um pêndulo ideal mantém-se estável entre dois atractores constantes. Outro exemplo, é o da bola de sabão. A bola de sabão é de facto o resultado de um *atractor* relativamente estável, causado pela interacção da tensão das moléculas de sabão na superfície com a pressão de ar dentro e fora de si.

Existem vários tipos de *atractor*. Por exemplo, ponto fixo (o *atractor* num berlimde em movimento numa taça é simplesmente o ponto fixo que corresponde à posição final no centro, no fundo); atractores estranhos ou caóticos (o *atractor* contém direcções que obrigam trajectórias próximas a divergirem rapidamente uma da outra ao longo do tempo).

Na teoria dos sistemas dinâmicos o conceito de *atractor* destaca-se porque tem conotações de estabilidade e representa algo que é perdurável no sistema. “Pode pois esperar-se que eles correspondam a comportamentos que observamos efectivamente na

natureza – aí incluídos os sistemas cognitivos – ou em sistemas artificiais, nos quais dinâmicas complexas tendem ao fim de algum tempo para um estado estável” (Fernando Almeida, 2001: 19).

Contudo, apesar desta conotação de estabilidade, a natureza do conceito de atrator e conseqüentemente a natureza desta estabilidade obrigam a uma interpretação mais cuidada. Os *atratores* não têm um estatuto vitalício, num historial de evolução o sistema não tende sempre para um mesmo *atrator*, ou a outro nível, um agente não vai apresentar sempre o mesmo comportamento. Vários *atratores* podem coexistir ao mesmo tempo formando assim uma paisagem de comportamentos do sistema, com as suas diferentes probabilidades (um *atrator* com uma maior frequência tem uma maior probabilidade de reincidência). Relembre-se que os parâmetros de um sistema dinâmico – as suas contingências – mudam permanentemente (flutuação nas variáveis). Por isso, estas mudanças vão na maioria dos casos, mas dependendo da magnitude das flutuações, fazer o sistema tender de um para outro *atrator*, ou inclusive alterar completamente a paisagem existente, iniciando assim um novo padrão de comportamento em resposta a essa mudança.

Pode dizer-se que um *atrator* representa uma contingência de segunda ordem no sentido em que resulta de várias interações locais (de primeira ordem). Com efeito a contingência de segunda ordem tem uma história de evolução intrínseca ao agente (cf.: Capítulo Plataforma de Integração). Isto é, não se trata de um programa pré-especificado, nem uma estrutura estática encapsulada que produz os padrões de comportamento do sistema. Estes formam-se e desenvolvem-se ao longo do tempo. O conceito de *atrator* é assim um conceito que afirma um espaço que não é um espaço de proposições ou comandos lógicos, mas de disposições e potencialidades. Daí se diga que a natureza deste espaço é uma natureza probabilística – são estados resultantes de uma interação não-linear entre forças cuja actualização depende sempre da sua circunstância.

Os *atractores* de um sistema serão portanto mais como que eventos do que objectos. São acontecimentos de estabilidades dinâmicas, isto é, são o resultado de um encontro entre várias forças.

Seguindo Ester Thelen a estabilidade é na verdade uma função do organismo em contexto no sentido de o sistema aparentar a existência de estádios discretos pois na auto-organização imediata de uma actividade em determinado contexto, certos padrões mostram-se fortemente preferidos. Contudo estes estados preferidos não são obrigatoriamente prescrições, mas ao invés disso, são estados com uma grande probabilidade de ocorrência. Assim são designados de *atractores* fortes certos quadros auto-organizativos de acção e pensamento com uma grande recorrência (Smith e Thelen, 2003).

Pode-se entender assim que *atractores* representam estados perduráveis na medida possível de jogo específico de forças. A razão pela qual estas estabilidades dinâmicas inspiram tamanha percepção de estabilidade tem a ver com a própria natureza dos princípios dinâmicos: o fluxo dos processos induz um padrão estável.

Ora, esta leitura tem algumas implicações na ideia clássica de causalidade nas ciências cognitivas, senão na sua perda. Nesta acepção os fenómenos cognitivos são ‘um resultado de múltiplas interacções não-lineares’ em que a “causa propriamente dita é uma propriedade distribuída que não reside em qualquer parte identificável do sistema e que, portanto, não pode ser representada por qualquer parte do agente desse sistema” (Machuco Rosa, 2002a³⁹).

Assim, não sendo do âmbito deste trabalho a consideração dos tipos de causalidade Aristotélica⁴⁰, ressalve-se o facto de causalidade ser tomada aqui numa acepção diferente dos tipos enumerados por Aristóteles. Trata-se se o podemos dizer da concepção de uma noção de causa com acepções diferentes: (i) uma causa probabilística (vs preestabelecida), (ii) em contexto (conjunto da interacção entre dinâmicas) e (iii) temporal (contínua no tempo e susceptível de mudança).

³⁹ Machuco Rosa designa este tipo de causalidade nas redes conexionistas de causalidade distribuída, “o conjunto das múltiplas interacções não-lineares entre os elementos da rede (...)”. Ver Machuco Rosa, 2002, Dos Mecanismos Clássicos de Controlo às Redes Complexas.

⁴⁰ São 4 os tipos de causalidade definidos por Aristóteles: (i) causalidade material, (ii) causalidade eficiente; (iii) causalidade final; e (iv) causalidade formal.

No paradigma simbólico, a ideia de causa está intrinsecamente associada à ideia de representação, isto é, à atribuição de um conteúdo à natureza organizacional do sistema. Como se viu na modelação computacionalista clássica, o comportamento do sistema e as suas regras de evolução são definidas nas entidades com estatuto representacional. As representações são estruturas estáticas que supõem uma realidade exterior inalterável e, por sua vez, os comportamentos do sistema são possibilidades de acção pré-especificadas. É neste sentido que o sistema se caracteriza por uma medida de invariância ou uma medida de estabilidade perfeita.

Ora, em contraste a esta posição clássica, a noção de invariante compreende-se aqui de uma forma diferente, sujeita a uma interpretação mais ‘contextual’ uma vez que, por invariante, se entende um padrão que se mantém estável o tempo suficiente e necessário para poder ser identificado como tal.

Assim se dá a ilusão de invariância. Na base do equilíbrio de um sistema estão inúmeros parâmetros, os necessários para a emergência de um padrão ‘invariável’, que estão sujeitos a flutuações. Neste sentido, a ideia de invariância questionável, senão pelo menos, tem de ser entendida de um modo diferente.

Resumidamente, no quadro de entendimento deste trabalho a representação enquanto identificação de uma estabilidade (a que aqui opomos o conceito de atractor), é entendida como uma marcação de um estado recorrente do sistema dependente da sua situação específica, e a estabilidade é entendida como uma estabilidade dinâmica, isto é, sujeita às flutuações do sistema. Mais exactamente, as representações são definidas pela evolução de padrões que emergem na história do sistema. Eis que nas palavras de Kelso: “Nos sistemas naturais formadores de padrões, os conteúdos não estão contidos em parte alguma, mas são revelados apenas por dinâmicas. Forma e conteúdo estão inextrincavelmente ligados e não podem nunca ser separados” (1999: 1).

8.2.2 - Desenrolar Temporal – *Trajectória*

Assim, os atractores incorporam as contingências derivadas da interacção das próprias dinâmicas do sistema (estrutura interna) e do sistema com o ambiente (estrutura

externa). Dito de outra forma, a dinâmica do sistema influencia o seu próprio comportamento. Como diz Juarrerro (1999: 153), ‘a probabilidade de um sistema fazer x a seguir depende da sua localização na presente paisagem total, que por sua vez é uma função do seu próprio passado e do ambiente em que está embebido’.

No mesmo sentido, também se pode dizer que diferentes tendências do sistema são actualizadas no caminho de desenvolvimento deste, ou que por virtude dos atractores incorporarem as contingências totais do sistema – que por seu lado, são continuamente afectadas pela interacção com o ambiente (parâmetros de controlo) e portanto estão em contínua modificação, – as tendências do sistema se formam e são actualizadas contextualmente. Assim o caminho que o sistema percorre numa história de desenvolvimento é um caminho constrangido pelas dinâmicas do próprio sistema, é um caminho povoado de idiosincrasias.

A estes caminhos ou aproximações ao *atractor* denomina-se de *trajectórias*. Num sistema dinâmico, trajectórias consistem na forma do fluxo que atravessa o espaço de estados possíveis, ou na sucessão de estados ao longo do espaço de estados. A importância da noção de *trajectória* reside na temporalidade implícita, ou melhor dizendo, na sua capacidade de expressão do desenrolar do comportamento do sistema. Os fenómenos cognitivos, se pensados como trajectórias (num espaço de estados possíveis), podem ser pensados como percursos históricos probabilísticos, estabilidades dinâmicas num conjunto de dinâmicas que se relacionam e continuamente se influenciam.

Se como já foi dito, a noção clássica de causa na ciência cognitiva tem implícita uma força determinada e determinável, a ideia de *trajectória* em direcção a um *atractor* remete para uma outra noção de causa, que como já se referiu é intrinsecamente probabilística, temporal e contextual. Como refere Juarrerro (ibid.) ‘um dos perigos de conceptualizar a causa como o impacto instantâneo de forças externas em matéria inerte é que estas causas não monitorizam o processo nem o levam até á sua conclusão.’ Aqui causa continua a fluir, a influenciar e a complicar-se com o comportamento, não se revela como um impacto instantâneo, mas como ela própria

uma formação de forças do entrecruzamento entre a dinâmica interna e externa do sistema.

8.2.3 - Mudança – Bifurcação

Finalmente um outro conceito que importa ilustrar é o conceito de *bifurcação*, que permite explorar com mais precisão outra questão importante: a questão da mudança e do desenvolvimento do sistema. É conveniente sublinhar que na modelação dinâmica a noção de bifurcação é usada para determinar vários tipos de mudança, nomeadamente a mudança dos parâmetros do sistema, uma mudança à escala ontogenética ou desenvolvimento, ou mesmo uma mudança à escala filogenética ou evolução da espécie. Contudo, a distinção entre estes tipos de mudança não é do âmbito directo deste trabalho⁴¹. A mudança é aqui tratada sempre ao nível pessoal e individual do sistema. E então, o que sobretudo interessa é pensar na mudança em termos de graus de continuidade, diferenciação e transformação do sistema em relação a si próprio. Adoptamos então os termos de *bifurcação e transição assimétrica* para ilustrar dois tipos de mudança onde respectivamente se dá a transição entre atractores, e por outro lado formação de atractores novos.

O termo geral *bifurcação* refere-se basicamente a uma alteração abrupta de uma anterior distribuição de probabilidades quando, por exemplo, uma piscina de

⁴¹ Na modelação é usado o mesmo termo *bifurcação* para todos os tipos de mudança. Contudo creio importante introduzir alguma diferenciação conceptual em termos de graus de mudança. De acordo com o que se tem vindo a afirmar a mudança num sistema tem de ser compreendida segundo uma lógica de acoplamento paradoxal. Podemos no entanto falar em tipos diferentes de mudança, consoante o que representam no sistema. Por mudança entendemos aqui todo e qualquer tipo de alteração na estrutura e organização do sistema (com implicações recíprocas), sendo que estas podem ser i) mudanças constantes do sistema – correspondentes a variação dos seus parâmetros, ii) flutuações nos parâmetros que implicam que o sistema salte para um outro atractor sem que contudo isso implique uma reformulação do seu padrão (é o caso dos sistemas complexos multi-estáveis) iii) mudanças estruturais relacionadas com a ontogenia do próprio sistema, isto é, mudanças dos parâmetros do sistema cuja amplitude implica a sua reorganização súbita e brusca (desenvolvimento ou aprendizagem), e por fim iv) mudanças à escala filogenética da espécie na qual um sistema vivo é apenas um subsistema. Como já referi no capítulo 5 da Primeira Parte creio mais preciso referir a bifurcações apenas no sentido de mudanças flexíveis entre atractores numa paisagem (entre vários estados possíveis – ver Fig. 3) e a *mudanças de fase* ou *transições assimétricas* em relação a mudanças abruptas do sistema que implicam a sua reorganização.

probabilidades disponível para o sistema total (isto é o seu estados de estados possíveis) subitamente se expande devido à formação de contingências contextuais novas, derivadas da relação de elementos previamente independentes e não relacionados (cf.: capítulo Plataforma de Integração).

O sistema pode transitar entre *atractores* ou mesmo formar *atractores* completamente novos, dependendo da magnitude das perturbações internas ou externas a que o sistema é exposto. Como já foi referido neste trabalho o termo *bifurcação* refere-se às mudanças entre *atractores*, e o termo *transição assimétrica* à formação de atractores novos ou remodelações do padrão de atractores. Deve-se lembrar também que *bifurcações* não são conexões, mas sim medições abstractas de forças.

Como ocorre a mudança no sistema? As *bifurcações* ocorrem quando o sistema sofre perturbações (flutuações) de uma tal magnitude que estão para além da capacidade de integração dos mecanismos de retroacção e de homeostasia. A mudança no espaço de estados resulta no aumento da complexidade do sistema e às vezes na criação de novas formas e estados (Norton, 1995). Eis que a mudança do sistema é sempre o aumento da sua complexidade.

Após a *bifurcação*, um sistema dinâmico mantêm-se qualitativamente idêntico, mas a sua paisagem nunca é uma paisagem estática. Quando o sistema sofre uma *bifurcação*, toda a trajectória do sistema muda saltando de um atractor para outro (isto num sistema complexo multi-estável).

Já o caso extremo de uma *transição assimétrica* corresponde topologicamente a uma transformação radical da paisagem. A mudança é qualitativa e consiste na transformação da organização dinâmica total, não só um mero reajustamento quantitativo da estrutura preexistente.

Finalmente e como já referi no capítulo 5, o termo *bifurcação* para além do uso que dele aqui fazemos enquanto mecanismo necessário para um entendimento da mudança cognitiva, mostra igualmente como se alternam várias possíveis soluções para um mesmo problema no âmbito de um sistema aberto multi-estável. Isto é, uma paisagem

de atractores será por consequência uma paisagem de bifurcações – ou seja uma paisagem de alternativas com diferentes pesos probabilísticos.

8.3. Entre estabilidade e mudança – Padrão, Paisagem e Identidade.

8.3.1-Padrão

Após ter discutido os conceitos de atrator, trajectória e bifurcação pode-se agora conceptualizar a cognição como um mapa total em que *trajectórias* se desenham através de paisagens de *atractores* e *bifurcações*. Este é um mapa onde progressivamente se desenham *padrões* recorrentes, marcação de hábitos de pensamento e de acção. Como os constrangimentos de um padrão são os descritos pelos *atractores*, a sua natureza será igualmente probabilística, o que, como já várias vezes foi mencionado, obriga a repensar o conceito de causalidade envolvido na dinâmica cognitiva, sendo que a noção clássica da ciência cognitiva.

Pode dizer-se que o que mantém um sistema dentro de um padrão de comportamentos é a operação de mecanismos de retroacção que respondem a flutuações do sistema inferiores a um certo limiar de recuperação. Isto é, a tendência do sistema assentar em determinados padrões de comportamentos é determinada pelo jogo de forças em causa (internas e externas) e não com uma específica pré-programação de regras. E por isto, dir-se-á que um modelo adequado de descrição da cognição tem que ser um que assente numa *descrição disposicional* (das varias disposições que esta vais assumindo e desenvolvendo) e não proposicional, visto que as acções cognitivas se devem a uma medida entre várias forças, por exemplo, disposição corrente do sistema, experiências passadas, estados preferidos e tarefa em causa.

Da articulação destas ideias numa resposta à questão da formação e desenvolvimento da organização específica que caracteriza a cognição resultaria que ao longo do historial de evolução de um sistema cognitivo se dá a formação de conjuntos de

possibilidades de acção, entre os quais, o sistema vai flutuar. Será esta flutuação entre padrões de comportamento que induz uma certa medida de estabilidade.

8.3.2-Paisagem

Na própria formação destes estados mais ou menos perduráveis do sistema – tomados como comportamentos do sistema ou agente – estão envolvidas diversas variáveis (entre elas a sua própria estabilidade), tensões entre dinâmicas e relações não lineares. Assim, a estabilidade do sistema é sempre suportada por uma interacção flutuante entre forças que atravessam várias dimensões de análise normalmente identificadas. No mesmo sentido, vimos como a formação de determinado *attractor* é uma forma do sistema afirmar um conjunto de estados preferidos como resposta a determinadas circunstâncias internas ou externas.

No caso das dinâmicas ambientais, a formação de estados preferidos do sistema não está só relacionada com propriedades intrínsecas de auto-organização e emergência, mas também com a necessidade de organização, selecção e modelação do ambiente que se apresenta ao sistema num estado inicial como um todo desorganizado. Esta selecção resulta da formação dos próprios atractores enquanto contingências de segunda ordem que restringem a interacção com o ambiente. A este respeito relembrem-se os estudos de processamento de informação perceptiva topo-base e base-topo ilustrados no capítulo precedente que revelam a natureza selectiva e integrativa do processamento de informação, resultante da história do agente, expectativas e experiência passada.

Ora, pode pensar-se a cognição como uma organização relativamente indiferenciada, que começa a ganhar detalhe por um processo de diferenciação progressiva que ocorre pela interacção com dinâmicas externas e internas. Este quadro interpretativo sugere de novo a metáfora dinâmica da paisagem explorada na discussão da cognição enquanto

plataforma de integração, mas agora de um modo mais amplo e longitudinal, isto é incorporando agora o tempo do seu acontecer histórico, do seu desenvolvimento⁴².

Com efeito a metáfora da paisagem permite visualizar as dependências e restrições dos *atractores* nesta figura das paisagens ontogenéticas que mostram e descrevem uma série de mudanças de relativa estabilidade e instabilidade ao longo do tempo. (Thelen e Smith, 1994). Um exemplo da metáfora da paisagem aplicada a um fenómeno do desenvolvimento humano é a paisagem ontogenética do desenvolvimento da locomoção nas crianças. Segundo Tellen e Smith “um modo novo de descrever o desenvolvimento locomotivo seria concebe-lo como atractores múltiplos e em permanente mudança” (ibd.:122), que surgem progressivamente, uns ganhando especificidade, outros esbatendo-se. Por exemplo, em termos de locomoção o andar torna-se com o tempo no atractor mais provável ou mais profundo, e como resultado, outros atractores como o gatinhar vão-se esbatendo ou perdendo amplitude (ver figura 3).

É de sublinhar que esta metáfora permite conceber o significado ou conteúdo de uma forma incorporada. Passo a explicar, ‘em vez de representar significado numa estrutura simbólica, uma organização neurológica dinâmica incorpora-o na sua configuração topográfica, isto é, nas contingências auto-organizativas da sua fase de estados’ (Juarro, 2002:173), representadas pela natureza das progressivas formações e acentuações dessa paisagem.

Pode-se também supor que metaforicamente uma paisagem inicial seria uma paisagem plana e lisa, isto é, retrataria um objecto sem propensões ou disposições – isto é, sem *atractores* nem *bifurcações*. Descreveria hipoteticamente um ‘sistema’ sem identidade. Em contraste, a identidade de um sistema é capturada pela distribuição específica de probabilidades dinâmicas, sempre em contexto. Assim as paisagens epigenéticas de probabilidades incorporam o papel da envolvente na qual o sistema está embebido visto que a estrutura externa de um sistema pode recalibrar as suas dinâmicas internas.

⁴² A metáfora original de paisagem como a forma de visualizar o desenvolvimento é a *paisagem epigenética* de C.H. Waddington (1975).

Assim tendo em conta que as experiências prévias de um sistema informam e restringem o seu comportamento a sua história faz consequentemente parte destas paisagens (ibid.:155).

8.3.3-Identidade

No contexto da metáfora dinâmica de paisagem a identidade de um sistema é uma medida de organização estável e específica que se mantém ao longo do desenvolvimento do sistema. Ou de outra forma, a identidade do sistema é o retrato da distribuição das suas probabilidades, isto é, as relações probabilísticas específicas e atractores, apesar do facto de estas paisagens estarem em constante modificação, devido à retroacção histórica e à interacção com o ambiente. Assim, a progressiva diferenciação e complexificação do sistema é a indicação da formação contínua da sua identidade.

Novamente relativamente ao exemplo do desenvolvimento da locomoção, repare-se como depois do sistema atingir uma medida de estabilidade probabilística no *espaço de estados possíveis*, a identidade do sistema motor continua em permanente transformação (ver figura 3).

Sob este ângulo, pode-se afirmar que a identidade se refere a um padrão de relações organizacionais que permanecem relativamente inalteráveis numa paisagem em permanente mudança. É também de sublinhar que à medida que esta paisagem se começa a estruturar a capacidade de absorção de mudança, ou de informação, torna-se também mais selectiva e específica, isto é, cada vez mais de acordo com as necessidades do próprio sistema, cada vez mais reforçando as próprias regularidades do sistema (modelação e integração de informação).

Relativamente a isto, novamente a noção de causa, representação, e identidade deverão ser constructos pensados sob a interpretação de estabilidades dinâmicas em permanente construção e complexificação.

Numa discussão sobre a natureza da identidade importa ainda clarificar as consequências do dizer que ‘progressivamente o sistema reforça as suas regularidades e se torna mais selectivo’, sob o caso de ser interpretado como o mesmo que dizer que a actividade do sistema tem como objectivo exclusivo a delimitação e protecção da sua organização face às perturbações do ambiente. Refiro-me claro a uma interpretação grata à teoria da Autopoiesis com a ênfase nas propriedades de auto-referência do sistema. Se, como se viu, por um lado a teoria da Autopoiesis representou um marco no retorno da investigação ao nível do sistema e das suas propriedades intrínsecas, por outro lado, concebeu a actividade do sistema sempre em função da manutenção única e exclusiva da sua organização independentemente das trocas ambientais.

Com efeito, embora na teoria da Autopoiesis o sistema está acoplado ao ambiente (acoplamento estrutural), as trocas entre estes limitam-se a trocas de energia e matéria com o único objectivo de satisfazer as necessidades prévias do sistema. Assim, a mudança do sistema (mudança estrutural) é sempre em relação à conservação organizacional (identidade) e os sistemas vivos funcionam sempre para restaurar a homeostasia. Em suma, o desenvolvimento é meramente mudança estrutural sob a obrigação de manter a sua organização recorrente e a incapacidade do sistema lidar com as perturbações do meio resulta na sua morte e destruição. (Maturana e Varela, 1980).

Em última análise pode dizer-se que não existe a possibilidade de criação de novidade. Como diz Hayles (1999: 152) ‘ou é conservada a organização e a mudança evolucionária desaparece, ou muda a organização e a autopoiesis desaparece’.

O presente trabalho pretende distinguir-se desta posição radical. Quando se refere a um sistema vivo dotado de *atractores* ou tendências para determinados padrões de acção, está a enfatizar-se: i) a sua natureza probabilística e 2) a história da sua formação que já de si é resultante de conjunto de forças internas e externas do sistema.

Isto é, a formação e a manutenção de tendências de acção do sistema a curto ou a longo prazo, acontecem no decorrer de um historial de jogo de forças, em que estas são

dinâmicas internas e dinâmicas externas. Ao contrário de um sistema autopoietico, o sistema dinâmico interage com as coações do ambiente e desta interacção pode resultar a formação de estruturas novas e complexificação do próprio sistema – alteração tanto da sua estrutura (interna e externa) e da sua organização. E por isso, o espaço da cognição será sempre mais como um espaço de formação e dissolução, um permanente jogo de forças entre várias dinâmicas, do que um espaço exclusivamente egotista e de trajectórias fixas.

A identidade existe portanto sempre num âmbito de uma paisagem ontogenética – série de mudanças de relativa estabilidade e instabilidade – ou conservação da homeostasia intercalada com momentos de instabilidade do sistema provocados interna ou externamente – uma paisagem flutuante em permanente mutação. Na mesma linha de pensamento, viu-se como na abordagem situada da cognição (Varela, 1991, Varela, Thompon e Rosch, 1991), percepção não é simplesmente a activação de uma resposta, mas advém da acção no ambiente, e estruturas cognitivas emergem de padrões sensório motores recorrentes e a identidade de um sistema é concebida como parte da interacção com o ambiente.

Assim e nesta linha, introduz-se a ideia do sistema cognitivo como um sistema semi-estável, ou estável dinamicamente, sustentado por dinâmicas externas (meio) e dinâmicas internas (formações activas no próprio sistema) e regulado por mecanismos de homeostasia e de mudança. No desenvolvimento do conceito de plataforma de integração viu-se como a actividade cognitiva não acontece numa redoma isolada das influências do meio, mas pelo contrário, as trocas de energia acontecem sempre pelo meio de relações não lineares de retroacção em que meio e sistema se influenciam mutuamente.

8.4. O Processo – *dinâmicas históricas*

8.4.10 observador

Segundo a presente proposta a própria identidade de um sistema forma-se numa história de desenvolvimento em continuidade com dinâmicas internas e externas do

sistema. Claramente esta posição distingue-se de uma interpretação representacionalista da cognição na ciência cognitiva em que a identidade de um sistema é identificada com o conjunto das suas representações. Como já referi, a ciência cognitiva enquanto dominada pelo representacionalismo e computacionalismo (aliás a ciência cognitiva surgiu quando uma visão computacionalista da mente se uniu à teoria da representação na mente), operou uma separação teórica entre percepção, acção e pensamento⁴³.

Uma das primeiras críticas a esta visão é a de Maturana em “Autopoiesis and Cognition” na forma do conceito do observador:

‘O observador é um sistema vivo e um entendimento da cognição como um fenómeno biológico deve ter em conta o observador e o seu papel’ (Maturana e Varela, 1980).

A noção aqui defendida de cognição enquanto um acontecer, cujo próprio acontecer se rebate sobre si mesmo (como uma acumulação histórica residual que se desenha a si mesma) conforma uma entidade específica e portanto contextualizada e situada.

Mas como refere Maturana, o observador ele próprio constitui também um sistema vivo, situado, e claro limitado pela sua própria perspectiva, o que é o mesmo que dizer, que se encontra irremediavelmente limitado pelo seu domínio cognitivo.

Deste ponto de vista, a perspectiva do observador – a perspectiva que procura representar cognição – refere-se sempre ela mesma a uma construção activa e não a uma representação ilusória passiva e distanciada do sistema vivo. Contudo, foi esta perspectiva que sempre esteve na base das mais difundidas noções de cognição.

Quando de facto representações (enquanto descrições internas de estados externos) são usadas na modelação do processo cognitivo verifica-se que a capacidade de eficazmente lidar com o imprevisto e a mudança é profundamente limitada (como demonstra o fracasso locomotivo de robots construídos segundo o modelo computacionalista em oposição àqueles desenvolvidos por Rodney Brooks baseados

⁴³ Relembre-se que nas teorias computacionalistas o corpo é um mero interface, que distribui informação sensório-motora, sendo irrelevante a sua morfologia e as características específicas dos elementos que transportam essa mesma informação.

num esquema não representacional). Mas se, como tenho vindo a defender, não se entender a representação enquanto entidade estática e definida – que neste caso será mais o produto de um observador – mas sim como a formação de estabilidades dinâmicas ao longo da história específica do sistema, pode-se avançar para uma perspectiva global em que representações serão enquadradas (e dentro de certos limites modeladas) como parâmetros com um peso x , a serem integrados com outros mas sem uma influência directa (determinística) no comportamento. Isto é, estabilidade dinâmicas que internamente restringem os seus estados externos na medida em que limitam o seu *espaço de estados possíveis*.

Aliás neste sentido, pode-se situar a discussão em torno das condições iniciais de um sistema, e em que medida estas constroem a sua trajectória. Ora dentro desta perspectiva dinâmica, as propriedades, estados e comportamentos correntes e futuros de um sistema dinâmico são dependentes em qualquer momento do contexto em que o sistema está embebido e do seu historial de desenvolvimento. Consequentemente a cognição não será determinada por quaisquer conteúdos pré-dados à espera de se revelarem ao mundo (isto podia ser uma perspectiva grata à psicologia evolutiva), ou por outras palavras, o conteúdo não precede a forma, mas pelo contrário os dois especificam-se mutuamente num processo de desenvolvimento. E a cognição é precisamente esse processo ontogenético de desenvolvimento.

Assim na proposta aqui apresentada é determinante o entendimento que, qualquer *atractor* ou estabilidade cognitiva (que operacionalmente cumpre uma função muito semelhante à da representação simbólica) surge e existe enquanto tal, enquanto uma série contínua de eventos historicamente embebidos, e consequentemente indissociáveis, isto é, um processo. Um *atractor* (ou um padrão de *atractores*) nunca pode ser lido à luz do que é num determinado momento (ou do que aparenta ser), pois ele é continuamente influenciado e transformado pela sua própria formação histórica. E esta ideia de formação histórica, ou processo cognitivo é fulcral pois daí segue que qualquer abordagem, ou tentativa de entendimento de um processo cognitivo deve ser (e não poderá deixar de o ser) necessariamente interpretativa e contextualizante – no decorrer de um tempo, um espaço, uma situação e uma observação.

8.4.2 O processo do desenvolvimento

Com efeito para este entendimento da cognição como um processo convém momentaneamente contrastá-la com a noção de objecto, que se encontra na visão computacionalista. O que é característico de uma abordagem que se foca num entendimento baseado em objectos é uma procura de constâncias, um discurso que parte da estabilidade. A ideia de *processo*, pelo contrário, representa uma mudança permanente, um continuo acontecer de eventos a varias escalas e com varias durações. A cognição ela própria é um *processo ontogenético*, ou seja ela é a sua própria história de desenvolvimento. A ênfase desta abordagem não recai sobre as propriedades isoladas de componentes, mas antes sobre como é que estes componentes se relacionam e como tempo e objecto se relacionam. Nas palavras de Oyama, no livro “Ontogeny of Information”: “Informação desenvolvimental desenvolve-se, não por uma criação especial a partir do nada, mas sempre pela transformação condicional de estrutura prévia – isto é, por processos ontogenético (...) Ou por outras palavras, informação desenvolvimental ela mesma tem uma própria historia desenvolvimental” (Oyama, 2000:3\4).

Como relembra Juarrero, também essencial para este entendimento de desenvolvimento histórico é a noção de retroacção pois esta torna os estados correntes de um sistema sistematicamente dependentes da sua história e do seu tempo de desenvolvimento: “De facto o que precisamente faz estes sistemas complexos serem dinâmicos é o facto de um estado corrente ser em parte dependente de um estado prévio. A retroacção incorpora o passado do sistema na sua estrutura externa presente. Assim a retroacção conduz o sistema tanto através do tempo como do espaço, permitindo assim que parte da sua estrutura externa permaneça ao longo da sua historia” (Juarrero, 1999:139).

O neurobiologia Walter Freeman (1991) usa os conceitos de bifurcação e paisagens de atractores para explicar como se dá o processamento olfactivo no cérebro do coelho e a produção de categorias perceptuais. Segundo Freeman, o processamento olfactivo pode

ser explicado em termos de um padrão distribuído, resultante da cooperação entre neurónios. Enquanto os animais foram expostos repetidamente a um conjunto de odores a actividade cerebral foi medida por um eletroencefalograma (EEG). Freeman pode concluir a partir desta experiência que a identidade de um odor não se encontrava num neurónio isolado, ou um grupo de neurónios, mas no padrão da amplitude das ondas ao longo de todo o bulbo olfactivo. Este mapa espacial mudava profundamente quando o odor era associada a um reforço e sobretudo com o reforço histórico de reconhecimento de outros odores. Na situação experimental, Freeman verificou que o reconhecimento de cada odor era afectado pela aprendizagem de outros. E daí inferiu que o cérebro é um sistema dinâmico e não um sistema composto por módulos e que a actividade olfactiva é dominada essencialmente pela experiência e não exclusivamente por estímulos, caso este em que se verificaria sempre o mesmo padrão olfactivo perante o mesmo estímulo.

Este exemplo amplamente citado na literatura dinâmica demonstra a importância de uma perspectiva contextual e histórica na explicação das dinâmicas cognitivas. A importância dos processos de retroacção que devolvem a própria história do sistema ao acontecer do sistema é aqui ilustrada no facto de cada novo odor implicar uma reorganização da identidade de todas as outras. Isto é, se de um ponto de vista de modelação um odor corresponde a um atractor (uma estabilidade na capacidade de o sistema identificar um estímulo) cada novo estímulo – enquanto formação de um atractor vai ser influenciado pelos estímulos já experienciados, e por sua vez influenciar a já existente paisagem de atractores – invocação de uma interpretação histórica e contextualizada

Nesta linha de pensamento, Oyama crê que a compreensão do desenvolvimento deve estar mais orientado para a mudança do que para o estado, da mesma forma, com o processo e não com o estado fenotípico. “Estados são o médium da mudança e têm pouco interesse intrínseco” (2002). Dinamicistas estão primordialmente interessados em como é que as coisas mudam. Computacionalistas, por contraste, focam-se particularmente nos estados, mudança é somente aquilo que conduz de um estado a outro.

Contudo convém clarificar que a proposta deste trabalho não reside tanto numa defesa radical de um foco exclusivo na mudança contra a estabilidade, mas numa concepção de mudança e estabilidade como intrinsecamente complementares e interdependentes. Assim, não se pode neste ponto concordar totalmente com Oyama. Não se tratará tanto dos estádios terem pouco interesse em si, mas mais de compreender a influência que estes exercem sobre o próprio fluxo de mudança. Além disso, e como já por várias vezes referimos, os estádios (padrões de atractores) são a uma outra escala eles próprios elementos de mudança.

8.4.3. Escalas temporais

Uma das razões determinantes para a natureza das dinâmicas históricas da cognição é o facto de, como já se afirmou, um sistema vivo ser constituído por vários subsistemas que coexistem a diferentes escalas temporais, de modo que pequenas mudanças numa das partes constituintes podem implicar profundas alterações, ou superações de limites noutras. Tais mudanças não serão necessariamente graduais mas também e por vezes abruptas. A questão essencial parece-me ser o facto de que algumas mudanças assimétricas e bifurcações na trajectória de um sistema podem funcionar como parâmetros de controlo ou variáveis para mudanças subsequentes noutra sistema numa escala diferente. Por exemplo, muitos dos casos aqui referidos de estudos em percepção-acção (Erro A-não-B de Tellen e Smith) têm a ver com uma escala temporal de tempo-real, isto é, uma escala de segundos e milissegundos. Porém, esta escala é sempre sobreposta por uma escala de aprendizagem e também uma escala desenvolvimental (elas duas ainda mais difíceis de destringir). Assim o que me parece mais relevante reter é que no acontecer cognitivo estas diversas escalas referem-se á sobreposição de diferentes sistemas e subsistemas (cf. Plataforma de integração, ver Fig. 1) cuja taxa de mudança é completamente diferente. “A coerência temporal e os níveis do sistema complexo mostram que a dinâmica de uma escala de tempo (actividade neuronal) tem de ser contínua com e parte da dinâmica de outras escalas de tempo (crescimento, aprendizagem e desenvolvimento). Assim, no estudo do desenvolvimento devemos preocupar-nos com o modo como as diferentes escalas temporais interagem” (Smith e Thelen, 2003: 344). Tellen e Smith (1996) referem

igualmente o exemplo do desenvolvimento do sistema visual em aproximadamente seis meses, em oposição ao sistema motor que se desenvolve ao longo de uma década.

8.4.4. Novidade criadora

Esta coexistência de múltiplas escalas implica também que a cognição enquanto processo não será apenas um acontecer gradual mas é também permanentemente perturbada por espasmos e transformações abruptas resultantes da não-linearidade das interacções entre os seus subsistemas (cf. Plataforma de integração).

Apesar de na maioria dos casos mudança representar simplesmente a mudança de valores e parâmetros do espaço de estados possíveis, ou por outras palavras a flutuação do proprio sistema numa situação de estabilidade (mudanças tão simples como luminosidade, temperatura) são também precisamente estas mudanças que num historial de permanente transformação provocam em certos casos a superação dos limites do proprio sistema fazendo-o subitamente bifurcar ou mesmo opera uma mudança de fase ou transição assimétrica, forçando-o a reorganizar o seu padrão de atractores. Tais *bifurcações* na trajectória do sistema, por corresponderem à emergência de novos padrões, implicam também a sua complexificação.

Assim, ‘através de mecanismos complexos de retroacção o desenvolvimento de um sistema cognitivo de acordo com as suas dinâmicas históricas pode portanto ser visto como uma série de padrões que evoluem e se dissolvem, como variadas estabilidades dinâmicas, ao invés de ser visto como uma marcha inevitável em direcção à maturidade’ (Smith e Thelen, 2003: 347).

Isto conforma assim como tenho indicado ao longo deste trabalho a um processo de progressiva diferenciação, isto é, de especificação e de permanente criação. Pode-se com efeito supor que a manutenção de novidade criadora será a actividade essencial do organismo – com o objectivo de crescente diferenciação e complexificação.

Uma actividade em permanente acontecer, um processo de continua mudança e transformação ao longo do qual se formam resíduos, uma progressiva especificação e complexificação. Isto é, a cognição enquanto *organização particular no espaço e no tempo* desenrola-se num processo criativo que elabora ao longo do seu historial uma cartografia das suas próprias dinâmicas históricas.

Capítulo 9. História Final

Ao longo deste trabalho foi tomando forma a noção de que cognição deve ser entendida como um acontecer em processo, que se desenrola histórica e dinamicamente. Com efeito, foi nesta direcção que a primeira parte do trabalho, pela digressão através dos movimentos mais significativos das ciências cognitivas, me trouxe e foi no desenvolvimento destas ideias que a segunda parte do trabalho se desenrolou.

Neste sentido, parece-me importante resumir alguns dos pontos fundamentais que atravessando-o de uma ponta a outra, se vieram a definir ao longo do decurso deste projecto.

A explicação da cognição foi argumentada em termos de emergência com um corpo específico e com um mundo. Sustentei que a matéria tem capacidades morfogenéticas intrínsecas e que são estas capacidades associadas à interacção com o ambiente que resultam no processo de emergência da cognição. Propriedades específicas deste corpo como plasticidade, interconectividade, auto-organização e emergência foram exploradas, no sentido de mostrar como os traços da biologia do corpo incorporam uma actividade dinâmica inter-relacional, um processo contínuo de integração de experiências e dinâmicas internas, que resulta na progressiva complexificação do sistema, e produção contínua de relações novas e contexto.

Esta interpretação diferenciou-se de uma visão segundo a qual a morfogénese é apenas resultado de forças externas e de que a matéria é um receptáculo de informação imposta pelo exterior. A crítica a esta ideia seguiu-se pela elaboração de uma proposta de estudo, designada de proposta transversal, que invocou um entendimento unificado dos processos físicos e dos processos mentais e a superação de dualidades descritivas, como micro vs macro, sistema vs sub-sistema, interior vs exterior, entre outros. Esta proposta nasce da ideia de que a cognição é o resultado de um conjunto de dinâmicas unificadas num todo e portanto a análise dos fenómenos cognitivos deve seguir um princípio semelhante.

É de sublinhar também que este ponto de vista não recorre a factores transcendentais na explicação do surgir da cognição, – a ‘origem’ das coisas não transcende a sua própria materialidade – ela é a sua materialidade complexificada pelo processo de interacção com o mundo e pela sua própria história de desenvolvimento. No âmbito da modelação artificial, vimos, por exemplo, como na robótica evolutiva a exploração das dinâmicas físicas do sistema permite substituir, ou reduzir substancialmente o controlo computacional imposto pelo experimentador humano.

Assim, resta-me dizer apenas que esta proposta não deve ser entendida como a explicação, ou a redução dos fenómenos cognitivos à ciência do corpo. Pois o foco do presente trabalho recai sobre um discurso baseado nas relações e no processo de desenvolvimento dos fenómenos, pretendendo tanto justificar-se na ciência, como na filosofia. Aliás, a própria crítica à noção de representação simbólica – como pressuposto de possibilidade de representação e objectivação do mundo – na forma da noção do *observador*, quer dizer que no estudo dos fenómenos cognitivos em geral, o discurso sobre a cognição é inseparável do discurso do agente que o produz. Trata-se de um discurso interpretativo, contextualizado e histórico. A história de explicação está sempre contida noutra histórica.

Na continuidade desta ideia foi defendida a noção de cognição situada, ou em contexto segundo a qual cognição é indissociável das propriedades do corpo e do meio com que se encontra unificada como num todo.

Sustentei que a natureza da cognição é uma natureza essencialmente dinâmica, que comporta a qualidade de estar sempre a ser, num movimento de contínua interacção e integração de dinâmicas internas e externas. Consequentemente invoquei a necessidade de explorar também a forma do desenrolar histórico desta dinâmica de interacção contínua, a qual substanciei com a introdução da noção de *dinâmicas históricas* e eixo longitudinal de análise.

Argumentou-se a natureza residual do sistema cognitivo e discutiram-se os conceitos de contingência, retroacção histórica e processamento bidireccional de informação. No seguimento da exploração desta ideia fez-se a tese de que um entendimento da

cognição terá de ser sempre um entendimento histórico da formação e desenvolvimento dos processos cognitivos.

Esta interpretação histórico dinâmica dos processos cognitivos levou ao entendimento das estabilidades como estabilidades dinâmicas, isto é, mais como fenómenos contextuais, históricos e probabilísticos, do que estabilidades puras (predefinidas ou estáticas). A noção clássica de representação simbólica foi repensada segundo a ideia de que estabilidades são estabilidades dinâmicas que se formam ao longo de um historial de desenvolvimento. Por seu lado, a noção de causalidade aplicada nesta interpretação foi formulada enquanto uma causalidade probabilística, contextual, não-linear e temporal.

Do mesmo modo a Identidade do sistema foi entendida como resultado de um movimento dinâmico de diferenciação do sistema face ao meio e numa lógica probabilística, ou dinâmica, segundo a qual identidade é a distribuições de probabilidades mais ou menos estáveis do sistema.

Em termos metodológicos foi fundamental a adopção da Teoria do Sistema Dinâmicos como ferramenta conceptual. Foi-me possível conceptualizar o espaço da cognição como um espaço geométrico, em termos de posições, distâncias, caminhos e relações num espaço de estados possíveis. Foi assim que paralelamente a ideia de cognição como plano de integração histórico-temporal foi ganhando forma, pela articulação de conceitos dinâmicos como atractor, trajectória, bifurcação, e a metáfora dinâmica de paisagem.

Finalmente, estas questões conformam o que creio ser a possibilidade de substanciação formal de uma mudança de paradigma nas ciências cognitivas, que se tem vindo a adivinhar na literatura. À parte das vantagens e críticas à abordagem dinâmica que apresentei no respectivo capítulo, nomeadamente, a incapacidade da modelação dinâmica modelar processos superiores, gostava de ressaltar que sendo o âmbito deste trabalho a cognição natural, me parece que tal riqueza de descrição é incomparável, no sentido em que, a teoria dos sistemas dinâmicos nasceu da necessidade de descrever o comportamento de sistemas físicos complexos na natureza. Aquilo que para outros

autores é uma falha da abordagem dinâmica – vocabulário extensivo pouco específico quanto à sua aplicação – é para mim a riqueza desta terminologia.

Neste trabalho a sua virtude permitiu-me conceber o espaço cognitivo como um espaço multidimensional, em que todos os componentes estão relacionados e explorar a noção de cognição como plataforma de integração contínua de dinâmicas. Foi também em articulação com os conceitos de atrator e trajectória que a ideia de cognição como formação histórica foi explorada.

Assim, a principal viragem que a posição aqui defendida opera não diz simplesmente respeito à adopção de todo um vocabulário descritivo novo, nem às potencialidades que isso comporta na modelação dos fenómenos cognitivos. Trata-se sim, de em torno da articulação de noções clássicas, como entendidas nos primórdios da ciência cognitiva e no paradigma computacionalista, operar um entendimento novo destas noções de causa, representação, explicação e identidade, e recolocar as questões que dizem respeito a uma ontologia da cognição neste contexto.

Chego aqui finalmente à importância do *processo*, a produção contínua que se rebate sobre si mesma, ilustrada sob a metáfora de paisagem flutuante, que deu lugar à noção de *plataforma de integração histórica*. Essencialmente, deve-se sublinhar que *o produto do processo é necessário para o processo em si mesmo* - a dinâmica histórica do sistema está no facto dos estados presentes serem sempre dependentes de estados passados, pois estão relacionados retroactivamente, capturando assim o efeito do tempo.

E se a validade da teoria dos Sistemas Dinâmicos continua ainda por verificar, que seja então a medida da sua possibilidade de reconceptualizar uma série de questões relativas a uma ontologia da cognição, que justifique o seu exercício.

Bibliografia

ABRAHAM, R.H. e SHAW, C.D., 1992, *Dynamics: The Geometry of Behavior*, Addison-Wesley, Redwood City.

ALMEIDA E COSTA, Fernando, 2001, 'Morphologies and Control: beyond the computational paradigm', *Análise* 22, pp.65-93.

BEER, Randall D., 2000, 'Dynamical approaches to cognitive science', *Trends in Cognitive Sciences*, 4, pp. 91-99.

BODEN, Margaret, 2000, 'Autopoiesis and Life', *Cognitive Science*, 1, 117-145.

BROOKS, Rodney A., 1991, 'Intelligence without representation', *Artificial Intelligence*, 47, pp. 139-159.

BROOKS, Rodney, 2001, 'The Relationship Between Matter and Life', *Nature*, pp. 409-411.

CHERNIAK, Cristopher, 1994, 'Philosophy and computational neuroanatomy', *Philosophical Studies*, 73, pp. 89-107.

CLARK, Andy, 1998a, 'Where Brain, Body, and World collide', *Daedalus: Journal of the American Academy of Arts and Sciences*, Vol.127, 2, pp.257-280.

CLARK, Andy, 1998b, 'Time and Mind', *Journal of Philosophy*, XVC, 7, pp.354-376.

CLARK, Andy, 1998c, 'Embodiment and the Philosophy of Mind', in A. O'Hear (Ed.), 1998, *Current Issues in Philosophy of Mind: Royal Institute of Philosophy Supplement*, 43, pp.35 -52.

CLARK, Andy, 2001 (5^a ed.), *Being There. Putting Brain, Body, and World Together Again*, Cambridge, MIT.

DUPUY, Jean-Pierre, 2000, *The Mechanization of the Mind - On the Origins of Cognitive Science*, Princeton, Princeton University Press.

EDELMAN, Gerald & Tononi, Giulio, 2000, *Consciousness. How matter becomes imagination*, London, Penguin Books.

EDELMAN, Gerald, 1987, *Neural Darwinism*, Basic Books.

ELMAN, J. L., 1993, 'Learning and development in neural networks: The importance of starting small', *Cognition*, 48, pp. 71-99.

ELMAN, J. L., 1995, "Language as Dynamical System", in Van Gelder, Timothy, e Port, Robert F. (Eds), 1995, *Mind as motion: Explorations in the dynamics of cognition*, Cambridge, MIT Press, pp. 195-225.

ELMAN, J. L., 1990, 'Finding structure in time', *Cognitive Science*, 14, pp. 179-211.

FODOR, J. & PYLYSHYN, Z., 1988, 'Connectionism and cognitive architecture: a critical analysis', *Cognition*, 28, pp. 3-71.

FRITH, Chris, & REES, Geraint, 1998, 'How do we select Perceptions and Actions? Human Brain Imaging Studies', *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, vol. 353, pp. 1283-1293.

FRITH, Chris, & ROEPSTORFF, Andreas, 2004, 'What's at the top in the top-down control of action? Script-sharing and 'top-top' control of action in cognitive experiments', *Psychological Research*, 68, pp.189-198.

FRITH, Chris, DOLAN, & Raymond J., 1997, 'Brain mechanisms associated with top-down processes in perception', *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, vol. 352, pp. 1221-1230.

FRITH, Uta, 2001, 'What framework should we use for understanding developmental disorders?', *Developmental Neuropsychology*, 20, pp: 555-63.

GARDNER, Howard, 2002 (1985), *A Nova Ciência da Mente: Uma História da Revolução Cognitiva*, Lisboa, Relógio D'Água.

GIUNTI, Marco, 1995, 'Dynamical Models of Cognition', in Van Gelder, Timothy, e Port, Robert F. (Eds), 1995, *Mind as motion: Explorations in the dynamics of cognition*, Cambridge, MIT Press, pp.549 -571.

GLOBUS, G. G., 1992, 'Toward a noncomputational cognitive neuroscience', *Journal of Cognitive Neuroscience*, 4 (4), pp.299-310.

GOTLIEB, Gilbert, 2002, 'From Gene to Organism: The Developing Individual as an Emergent, Interactional, Hierarchical System', in Mark H. Johnson, Yuko Munaka, Rick O. Gilmore (Eds.), 2002 (2^aed.), *Brain Development and Cognition - A Reader*, Oxford, Blackwell Publishers Ltd, pp.36-49.

GOTTLIEB, Gilbert, 1970, 'Conceptions of prenatal behavior', in L.R. Aronson, E. Tobach, D.S. Lehrman, & J.S. Rosenblatt (Eds.), 1970, *Development and evolution of behavior: Essays in memory of T.C. Schneirla*, San Francisco, CA: Freeman.

GRUSH, Rick, 2003, 'In Defense of some 'Cartesian' assumptions concerning the brain and its operation', *Biology and Philosophy*, 18, pp.53-93.

GUTTENPLAN, Samuel (Ed.), 1994, *A Companion to the Philosophy of Mind*, Oxford, Blackwell Publishing.

HAYLES, Katherine A., 1999, *How we became PostHuman. Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*, Chicago & London, The University of Chicago Press.

HORGAN, Terence, 1997, 'Connectionism and the Philosophical Foundations of Cognitive Science', *Metaphilosophy*, 28, 1-2, January and April, pp. 1-30.

JUARRERO, Alicia, 2002 (2^a ed), *Dynamics in Action. Intentional Behavior as a Complex System*, Cambridge, MIT.

KARMILOFF-SMITH, Annette, 1998, 'Development itself is the key to understand developmental disorders', *Trends in Cognitive Sciences*, Vol.2, 10, pp.389-398.

KEIJZER, Fred, 2002, 'Representation in dynamical and embodied cognition', *Cognitive Systems Research*, 3, pp. 275-288.

KLEIN, Étienne, 1995, *O Tempo*, Lisboa, Instituto Piaget.

KLIN, Ami, JONES, Warren, SCHULTZ, Robert, & VOLKMAR, Fred, 2003, 'The enactive mind, of from actions to cognition: lessons from autism', *Phil. Trans. R. Soc.*, 358, pp. 345-360.

LEWIN, Roger, 1993, *Complexity: Life on the Edge of Chaos*, in London: Phoenix.

MACHUCO ROSA, António, 'Uma Panorâmica da Cibercultura' retirado a 10 Setembro 2006 de http://www.projecto-redes.com.pt/publicacoes_online.htm, (Documento PDF, 493 KB).

MACHUCO ROSA, António, 1999, 'Universalidade e Ciências Cognitivas', *Revista de Humanidades e Tecnologias*, 1, pp. 56-69.

MACHUCO ROSA, António, 2002a, 'Dos Mecanismos Clássicos às Redes Complexas', in *Crítica das Ligações na Era da Técnica* (Ore. J. Bragança de Miranda e M. Teresa Cruz), 2002, Tropismos, Lisboa, 133- 153.

MACHUCO ROSA, António, 2002b, 'Dos Sistemas Centrados aos Sistemas Acentrados – Modelos em Ciências Cognitivas', *Teoria Social e Tecnologias da Informação*, Lisboa, Veja.

MATURANA, Humberto & VARELA, Francisco, 1980, 'Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living', *Boston Studies in the Philosophy of Science*, 42, pp. 5-58, Dordrecht: D. Reidel Publishing Co.

MATURANA, Humberto, 2002, 'Autopoiesis, Structural Coupling and Cognition: A history of these and other notions in the biology of cognition', *Cybernetics & Human Knowing*, 9, 3-4, pp. 5-34 (30).

NORTON, A.,1995, 'Dynamics: An Introduction', in Van Gelder, Timothy, e Port, Robert F. (Eds), 1995, *Mind as motion: Explorations in the dynamics of cognition*, Cambridge, MIT Press.

OYAMA, Susan, 1995, *The Ontogeny of Information*, Cambridge, Cambridge Un. Press.

OYAMA, Susan, 2002, 'The problem of change', in Mark H. Johnson, Yuko Munaka, Rick O. Gilmore (Eds.), 2002 (2^aed.), *Brain Development and Cognition - A Reader*, Oxford, Blackwell Publishers Ltd, pp.18-28.

PETITOT, Jean, 1995, 'Morphodynamics and Attractor Syntax', in Van Gelder, Timothy, e Port, Robert F. (Eds), 1995, *Mind as motion: Explorations in the dynamics of cognition*, Cambridge, MIT Press.

PFEIFER, Rolf, 2000, 'On the role of embodiment in the emergence of cognition and emotion', in In G. Hatano, N. Okada, and H. Tanabe (Eds.), 2000, *Affective minds. Proc. of the 13th Toyota Conference*, Amsterdam: Elsevier, pp. 43-57.

SCOTT KELSO, J. A., 1999 (1995), *Dynamic Patterns*, MIT Press.

SMITH, Linda B., & THELEN, Esther, 2003, 'Development as a dynamic system', *Trends in Cognitive Sciences*, 7(8), pp. 343 -348.

TAYLOR, Mark, 2001, *The Moment of Complexity – Emerging Network Culture*, Chicago, The University of Chicago Press.

TEIXEIRA, João, 1998, *Mentes e Máquinas- Uma Introdução à Ciência Cognitiva*, Porto Alegre, Artes Médicas.

THELEN, Esther, 2002, 'Self-organization in Developmental Processes: Can Systems Approaches work?', in Mark H. Johnson, Yuko Munaka, Rick O. Gilmore (Eds.), 2002 (2^aed.), *Brain Development and Cognition - A Reader*, Oxford, Blackwell Publishers Ltd, pp.336-374.

THELEN, Esther, SCHÖNER, Gregor, SCHEIER, Christian, & SMITH, Linda A., 2001, 'The dynamics of embodiment: A field theory of infant perseverative reaching', *Behavioral and Brain Sciences*, 24, pp. 1-86.

THELEN, Esther, SMITH, L.B, 1994, *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. Cambridge, MIT Press.

THOMAS, Michael, 2003, 'Limits on plasticity' Essay Review, *Journal of Cognition and Development*, 4(1), pp. 95-121.

VAN GELDER, Timothy, 1998a, 'Cognitive architecture: What choice do we have?' In Z. Pylyshyn (Eds.), 1998, *Constraining Cognitive Theories: Issues and Options*, Stamford CT: Ablex, pp. 191-204.

VAN GELDER, Timothy, 1998b, 'Disentangling dynamics, computation, and cognition'. *Behavioral and Brain Sciences*, pp. 21, 40-7.

VAN GELDER, Timothy, 1998c, 'The Dynamical Hypothesis in Cognitive Science', *The Behavior and Brain Sciences*, 21, pp. 615-665.

VAN GELDER, Timothy, 1998d, 'The roles of philosophy in cognitive science', *Philosophical Psychology*, 11, 117-136.

VAN GELDER, Timothy, 1999, 'Dynamic approaches to cognition'. In R. Wilson & F. Keil (Eds.) 1999, *The MIT Encyclopedia of Cognitive Sciences*. Cambridge MA: MIT Press, pp. 244-6.

VAN GELDER, Timothy, PORT, Robert, 1995, *Mind as Motion: Explorations in the dynamics of cognition*. Cambridge, MIT Press.

VARELA, Francisco J., THOMPSON, Evan, & ROSCH, Eleanor, 1991, *The Embodied Mind*, MIT Press.

VARELA, Francisco, 1988, *Conhecer – As Ciências Cognitivas Tendências e Perspectivas*, Lisboa, Instituto Piaget.

VARELA, Francisco, 1992, 'Autopoiesis and a Biology of Intentionality', *In Proceedings of a workshop on Autopoiesis and Perception*, Dublin City University.

WHEELER, Michael, 1996, 'From Robots to Rothko: The bringing forth of worlds', in Boden, Margaret (Ed.), *The Philosophy of Artificial Life*. Oxford University Press, 1996, pp.209-36.

IMAGENS

Figura 1. A estabilidade e instabilidade dos atractores

Figura 2. O Desenvolvimento como interacção de processos paralelos a diversas escalas.

Figura 3. Metáfora de Paisagem dinâmica e histórica

Figura 4. Comportamento de um pêndulo real em contexto ao longo do tempo.

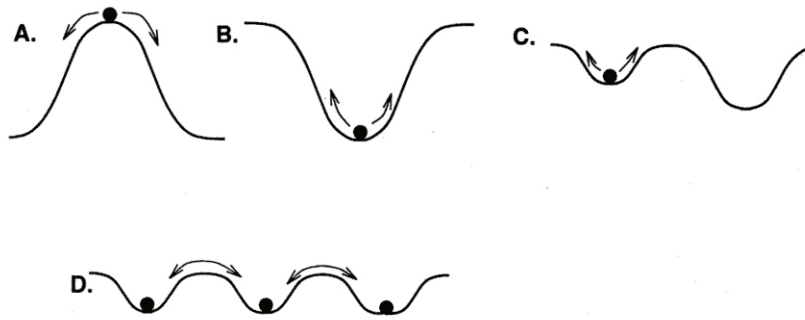


Figura 1. Os atratores têm graus variáveis de estabilidade e instabilidade. Topograficamente a estabilidade de um atrator é entendida como uma medida da sua profundidade. Por exemplo, B mostra um atrator com uma grande estabilidade comparado com A. C é um relação a B, um atrator menos estável porque basta uma pequena flutuação para mover a bola. D mostra uma bacia de atracção composta por uma série de possibilidades semi-estáveis, que é uma situação comum de multi-estabilidade. (Imagem de Esther Thelen e Linda Smith, 1994, *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*, pp. 60)

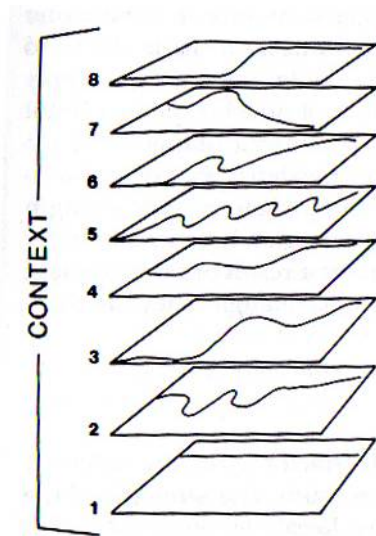


Figura 2. Este modelo dinâmico simples ilustra como o comportamento pode ser pensado como interacção paralela de sub-sistemas a escalas, ou níveis de análise diferentes, num dado contexto e face a determinada tarefa. O eixo do x representa o tempo e o eixo do y representa uma medida abstracta da contribuição de cada sub-sistema. (Imagem de Esther Thelen e Linda Smith, 1994, *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*, pp. 85)

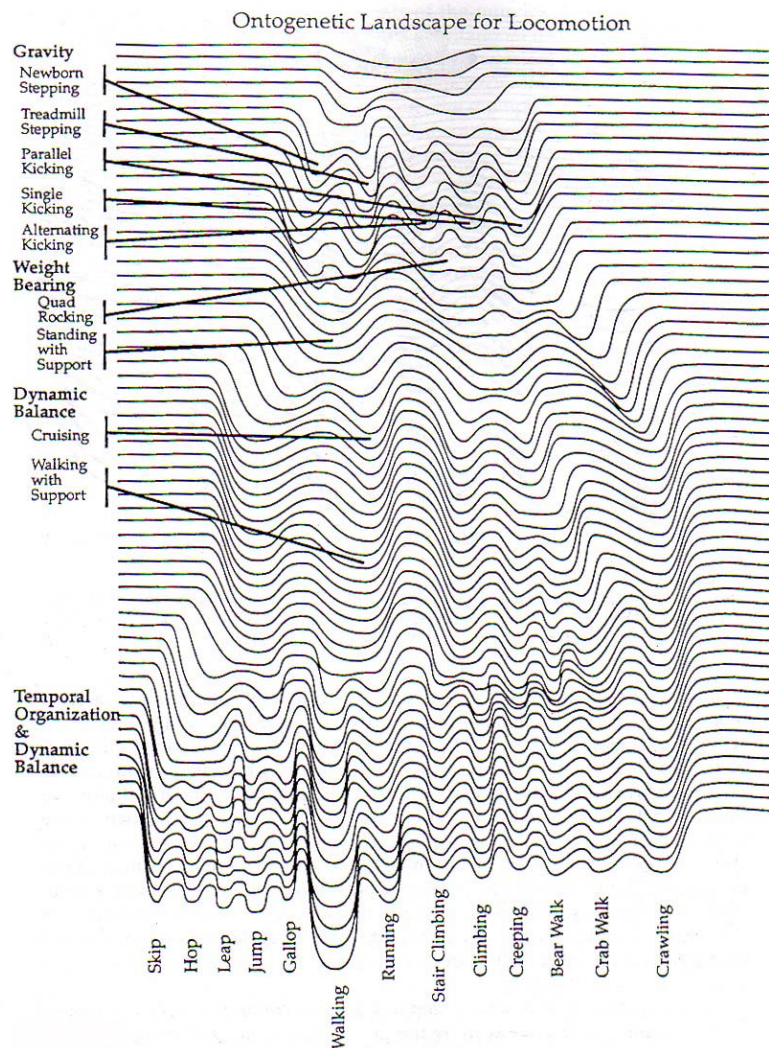


Figura 3. Esta imagem mostra uma paisagem ontogenética da locomoção. Topograficamente o desenvolvimento e desaparecimento das tendências do comportamento do sistema, são representadas, respectivamente por emergência de vales e esbatimento da sua superfície. Esta imagem ilustra simultaneamente a ideia de integração contínua de dinâmicas a diversas escalas (eixo transversal, perspectiva da plataforma de integração) e o desenvolvimento da sua interação ao longo da sua história (eixo longitudinal, perspectiva histórica). (Imagem de Esther Thelen e Linda Smith, 1994, *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*, pp. 124)

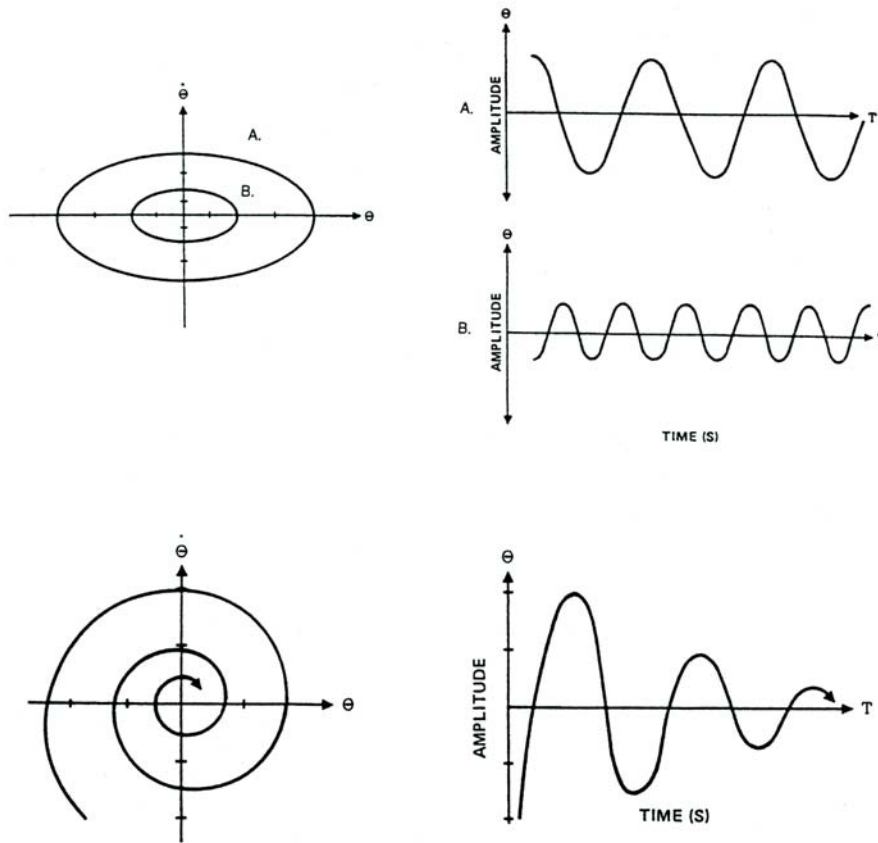


Figura 4. O espaço de estados possíveis de um sistema dinâmico é uma abstracção dos valores possíveis do sistema, ou dos seus graus de liberdade, num espaço multidimensional. Esta imagem mostra o espaço de estados de um pêndulo simples com duas dimensões: velocidade e posição. As imagens do topo mostram a amplitude da posição (A) e velocidade (B) de um pêndulo em que hipoteticamente não há fricção, e as oscilações se mantêm indefinidamente (não há contexto). Contudo, um pêndulo real em contexto comporta-se de uma forma diferente (imagem inferior). A amplitude diminui progressivamente até que estabiliza num ponto atractor. (Imagem de Esther Thelen e Linda Smith, 1994, *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*, pp. 57)

